

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA POLÍTICA INTERNACIONAL

PEDRO KAUAN LUCAS MILANO

PRODUÇÃO DE ENERGIA POR MEIO DE ENERGIA:
CARACTERIZAÇÃO DA INTER-RELAÇÃO ENTRE ENERGIA, COMPLEXIDADE E
COMÉRCIO SOB A CONSTRUÇÃO TEÓRICA DA FÍSICA DE SISTEMAS ABERTOS

RIO DE JANEIRO

Julho, 2025

PEDRO KAUAN LUCAS MILANO

PRODUÇÃO DE ENERGIA POR MEIO DE ENERGIA:
CARACTERIZAÇÃO DA INTER-RELAÇÃO ENTRE ENERGIA, COMPLEXIDADE E
COMÉRCIO SOB A CONSTRUÇÃO TEÓRICA DA FÍSICA DE SISTEMAS ABERTOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Política Internacional, do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PEPI/IE/UFRJ), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia Política Internacional.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Alberto Crespo

RIO DE JANEIRO

Julho, 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

CIP - Catalogação na Publicação

M637p Milano, Pedro Kauan Lucas
Produção de Energia por Meio de Energia:
Caracterização da Inter-relação entre Energia,
Complexidade e Comércio sob a Construção Teórica da
Física de Sistemas Abertos / Pedro Kauan Lucas
Milano. -- Rio de Janeiro, 2025.
266 f.

Orientador: Eduardo Alberto Crespo.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Programa de
Pós-Graduação em Economia Política Internacional,
2025.

1. Energia e organização social. 2. Comércio
internacional e geopolítica. 3. Complexidade e
sistemas dissipativos. 4. Segurança energética e
interdependência global. I. Crespo, Eduardo
Alberto, orient. II. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

PEDRO KAUAN LUCAS MILANO

PRODUÇÃO DE ENERGIA POR MEIO DE ENERGIA:
CARACTERIZAÇÃO DA INTER-RELAÇÃO ENTRE ENERGIA, COMPLEXIDADE E
COMÉRCIO SOB A CONSTRUÇÃO TEÓRICA DA FÍSICA DE SISTEMAS ABERTOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Política Internacional, do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PEPI/IE/UFRJ), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia Política Internacional.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Alberto Crespo

Rio de Janeiro, 08 de julho de 2025

Prof. Dr. Eduardo Alberto Crespo – Presidente
PEPI/IE-UFRJ

Prof. Dr. Daniel de Pinho Barreiros – Membro Interno
PEPI/IE– UFRJ

Prof. Dr. Pedro Rocha Fleury Curado – Membro Externo
IRID– UFRJ

AGRADECIMENTOS

Queria que esses fossem agradecimentos alegres, como se espera. De celebrar a publicação deste trabalho, a travessia concluída, o esforço recompensado ou o título que ele me confere. Mas não consigo, e escrever qualquer coisa diferente seria mentir. Faz tempo que a alegria me escapa. Não sinto nem a leveza do êxito. Sinto, ao contrário, a ansiedade e a inquietação que vêm do corpo e do bolso: o medo de não ter o que comer, de ter investido tudo e nada ter retornado. Escrevo isso porque estas páginas custaram-me tudo e, ao mesmo tempo, não valem nada. Aqui não há uma perspectiva de um emprego, de qualquer atividade remunerada, de qualquer inserção no mercado de trabalho ou de qualquer coisa. Tudo teve que ser arrancado do que restava. Passei doze meses contando cada centavo da bolsa que me foi concedida, tentando estendê-la ao máximo e, nos dezoito meses seguintes, vivendo de economia extrema, racionando comida, refeições, transporte, roupas, cada fragmento do que pudesse me manter.

Ao final destas páginas, não resta nada, e não sei o que fazer. Seis anos, a não ser o breve intervalo da meia bolsa, de contar os bandejões, que de 60 ao mês, este posso comer 45, mês que vem talvez 39, no outro apenas 27. Eu estou tão cansado. Uso a primeira pessoa do singular porque este é o único lugar que posso, ser perder o rigor acadêmico, mostrar essa solidão. Por mais de um ano e meio todas as portas estiveram fechadas. Às vésperas da defesa e além dela, restam-me apenas os cacos. Não há para onde ir, não há emprego, não há bolsa, não há apoio, não há nada. Não consigo, por meus próprios meios, garantir sequer um emprego que pague um salário-mínimo, mesmo tendo chegado a este grau de instrução. Mais ainda, esse custo é de sangue. O sangue de minha mãe, que definiu até onde pôde, e eu sem poder oferecer nada, senão o silêncio constrangido de quem falhou e tendo que usar o que ela mesmo não tinha para chegar ao fim. Essa dissertação é minha, mas não sei se sobrevivi a ela.

Escrevo porque é a verdade, e talvez a verdade possa ajudar alguém. Se porventura você caiu nessas páginas, e se você estiver passando por isso agora, saiba que não é o único. Você não está sozinho. Que essa dor tem nome, mesmo que não tenha lugar nas bancas ou nas notas. Essa dissertação não é triunfo, não é salvação e quiçá nem sequer seja consolo. Ela é apenas o que restou de um gesto inteiro de ir até o fim. Ela demorou mais do que se esperava. Não porque o tempo tenha sido mal-empregado. Foram três cavalos de pau completos, de primeiro, o Brasil como ponto de partida; depois, o Brasil em relação ao Japão; em seguida, apenas o Japão e, por fim, a tentativa de compreender, dentro dele, a natureza da guerra, da energia e da complexidade. A estrada se refez tantas vezes que, em certos momentos, parecia que nem se

trocava o pneu com o carro em movimento, valha notar, o próprio trem de força com o motor ainda quente. Fui até o fim para responder essa pergunta, mesmo que ela não tenha prometido nada.

Assumo também o mea-culpa. Afastei-me da minha vontade primeira de ter olhos voltados ao Brasil, de me dedicar à tradição política que molda minha visão de mundo, o trabalhismo brasileiro e a fundação do Brasil moderno por Doutor Getúlio e o Engenheiro Leonel. Foi preciso sair de casa para entender por que as diferenças falam mais alto do que as semelhanças. Porque o Estado japonês, que nasceu de maneira tão diferente do nosso, carrega em si lições que a insistência em um nacionalismo metodológico jamais permitiria compreender. Porque olhar os sucessos econômicos e os Estados apenas pela superfície de suas realizações é, no fundo, acreditar em meias verdades. Quando se foca exclusivamente nos feitos, corre-se o risco de ignorar os custos, as rupturas e, acima de tudo, o poder que a guerra tem nisso.

Porém, depois de tanto dizer sobre o peso dessa travessia, preciso reconhecer a outra face dela, que é, afinal, do propriamente dito que esta parte se abre. No meio do peso, do cansaço e das noites que pareciam não ter fim, surge uma fresta que é impossível ignorar. Esta dissertação, embora pareça um esforço individual, nunca me pertenceu por completo. É àqueles que, sem saber, me subsidiaram que deixo o primeiro reconhecimento. Ela só foi possível porque existe um pacto coletivo que, mesmo enfraquecido, ainda mantém de pé a universidade pública. Agradeço ao povo brasileiro, que patrocina, indiretamente, meus mais de seis anos de educação formal.

Ao meu orientador, professor E. Crespo, deixo o reconhecimento particular. Estivemos quase sempre distantes, por circunstâncias, por temperamento, por caminhos que nem sempre se cruzavam. Todavia, dessa relação vieram duas lições que levo. A primeira, e mais honesta, é que não é possível salvar o Brasil com uma dissertação, por mais bem-intencionado que seja, eu, o pesquisador. Pesquisa científica é só uma pergunta bem recortada, amparada por uma metodologia séria e aplicável com algum grau de validade. Essa foi, em algum sentido, a lição mais difícil de aceitar. Todavia, também a mais transformadora, que serve a minha maturidade. Assim como, por me abrir as portas de uma tradição que, ao mesmo tempo, desafia e acolhe, do capítulo VII dos Princípios de Ricardo, que dá forma a teoria moderna do comércio internacional.

A segunda lição, infinitamente mais prática, foi sobre saber caminhar com pernas próprias, sem podas diretas. Num raro espaço de liberdade e, com ele, a responsabilidade de escolher. Algo de maneira especial exigente para quem abriga um quinquilhão de ideias por

minuto. Isso é aceitar, com lucidez, que nem todas cabem. Escolher o que dizer é, ao mesmo tempo, suportar o silêncio do que fica de fora. Nesse gesto de recorte e renúncia, começa a se formar um pesquisador.

Não posso deixar de registrar meu reconhecimento à professora Larissa Rosevics, alguém que, mesmo sem qualquer obrigação para comigo, sempre estendeu a mão mesmo quando minha ansiedade social quase sempre dinamitava e mesmo do distanciamento dos nossos interesses comuns, especialmente política externa, faziam-se cada vez mais evidentes. Foi ela quem, com generosidade, me convidou para o estágio docente e nunca deixou de apontar caminhos, oportunidades possíveis, formas de seguir em frente. As cartas de recomendação que escreveu, mesmo quando minhas tentativas por programas e bolsas fracassaram por entraves que reconheço como meus, foram sempre um gesto de confiança. Se algo de bom tenho sobre pesquisa científica e metodologia de aula, devo a ela. Aquilo que ainda me falta, ou que aprendi mal, são apenas reflexos das minhas próprias limitações.

André, minha gratidão não se escreve em dias claros, ela se arrasta pelas noites longas que me habitam. Tu foste chão quando tudo em mim cedía, lume discreto nas bordas do abismo e tua família abrigou meu desamparo como se fosse dela o peso que era meu. Sem vocês, o vazio teria sido ainda mais profundo, e a luta, mais insuportável. Lamento por não ter conseguido dar a liberdade do peso que eu sou.

Por fim, agradeço à minha mãe. Peço perdão pelo fracasso, porque tentei, tentei de verdade, mas não consegui vencer.

*Quis enim non communicato orbe terrarum, majestate Romani imperii, profecisse vitam putet
commercio rerum ac societate festæ pacis, omniaque etiam que occulta ante fuerant, in
promiscuo usu facta?*

**Plínio, História Natural, Livro XIV, publicada no século I sobre os efeitos na vida pela
abertura do mundo romano ao comércio**

*Whoever commands the ocean commands the trade of the world, and whoever commands the
trade of the world commands the riches of the world, and whoever is master of that
commands the world itself*

**John Evelyn, 1674, sobre as três guerras consecutivas entre os ingleses e
os holandeses no século XVII**

RESUMO

MILANO, P. K. L. **Produção de Energia por Meio de Energia: Caracterização da Inter-relação entre Energia, Complexidade e Comércio sob a Construção Teórica da Física de Sistemas Abertos**. 2025. 266 p. Dissertação (Mestrado em Economia Política Internacional) - Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025

Esta dissertação retoma o tema principal da economia clássica de que o crescimento econômico é interrompido devido à escassez de recursos naturais. Assim como, de que sistemas complexos (como civilizações) exibem padrões emergentes, mas não trajetórias previsíveis, nas quais a energia disponível restringe o espaço de possibilidades, sem definir rigidamente os resultados. A partir disso, em uma estrutura bifocal, (i) a dimensão absoluta da potência energética (W) como vetor primário de complexidade; e (ii) a densidade espacial de potência (W/m^2) como parâmetro para estabilidade sistêmica, propomos entender a arquitetura histórico-material da complexidade moderna e os limites do comércio como forma sistêmica de absorção assimétrica das restrições. Isto é, a relação entre energia, complexidade e comércio. Na Parte I, reconstruímos historicamente a trajetória energética das civilizações como sucessões de transições de fase, nas quais o acúmulo energético viabilizou saltos qualitativos de organização social. Essa evolução culmina na constituição de um sistema energético global capaz de distribuir energia em escala planetária, condição para o adensamento da complexidade moderna. Na Parte II, analisamos como tal sistema, ao garantir a reprodução da ordem material contemporânea, introduz novas vulnerabilidades estruturais, dado que sua manutenção depende de interdependências desbalanceadas e da estabilidade de corredores geoeconômicos. Desse modo, concluímos que a inter-relação entre os três fatores passa pelas assimetrias de poder global através de restrições externas de natureza termodinâmica à inserção internacional de sociedades com baixa densidade energética interna, cuja estabilização depende da dupla condição de avanço técnico por um lado, e controle estratégico sobre rotas e recursos, por outro.

Palavras-chave: Energia; Complexidade Social; Comércio Internacional; Economia Política Clássica; Geopolítica; Poder Naval.

ABSTRACT

MILANO, P. K. L. **Production of Energy by Means of Energy: Characterization of the Interrelationship between Energy, Complexity and Trade under the Theoretical Construction of Open Systems Physics.** 2025. 266 p. Dissertation (Master) - Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024

This dissertation revisits the central theme of classical economics: that economic growth is halted by the scarcity of natural resources. It also emphasizes that complex systems (such as civilizations) exhibit emergent patterns, but not predictable trajectories, in which available energy constrains the space of possibilities without rigidly defining outcomes. Based on this, in a bifocal framework, (i) the absolute dimension of energy power (W) as the primary vector of complexity; and (ii) the spatial density of power (W/m^2) as a parameter for systemic stability, we propose to understand the historical-material architecture of modern complexity and the limits of trade as a systemic form of asymmetric absorption of constraints. That is, the relationship between energy, complexity, and trade. In Part I, we historically reconstruct the energy trajectory of civilizations as a succession of phase transitions, in which energy accumulation enabled qualitative leaps in social organization. This evolution culminates in the establishment of a global energy system capable of distributing energy on a planetary scale, a prerequisite for the densification of modern complexity. In Part II, we analyze how such a system, by ensuring the reproduction of contemporary material order, introduces new structural vulnerabilities, given that its maintenance depends on unbalanced interdependencies and the stability of geoeconomic corridors. Thus, we conclude that the interrelationship between the three factors involves global power asymmetries through external thermodynamic constraints on the international integration of societies with low internal energy density, whose stabilization depends on the dual conditions of technical advancement, on the one hand, and strategic control over routes and resources, on the other.

Keywords: Energy; Social Complexity; International Trade; Classical Political Economy; Geopolitics; Naval Power.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Quadro explicativo das abordagens caóticas, de sistemas e de sistemas complexos	36
Figura 2 - Sequência evolutiva de Morgan das Sociedades Antigas	44
Figura 3 - Bifurcações em relação ao Afastamento do Equilíbrio e a Energia e Tempo	49
Figura 4 - Evolução da Complexidade e Potência Em transições de Fase	55
Figura 5 - Evolução Histórica do consumo per capita de energia (Kcal).....	57
Figura 6 - Trajetória Metodológica da Potência à Complexidade Organizacional Sistemas Dissipativos e Gênese do Sistema Energético Global	59
Figura 7 - Dinâmica sistêmica do acesso à potência na formação e retroalimentação da complexidade no sistema energético global	146
Figura 8 - Arquitetura Sistêmica da Transição da Potência para a Densidade de Potência com Mediação do Poder em Sistemas Dissipativos de Alta Complexidade Energética	150
Figura 9 - Sistema Energético Global de 1925 em Fluxos de Combustíveis Sólidos e Líquidos	233
Figura 10 - Limites da Complexidade e Comércio Internacional como Gradiente de Densidade de Potência.....	241
Figura 11 - Configuração Sistêmica da Viabilidade do Comércio pela Potência e seus Limites pela Densidade de Potência	244
Figura 12 - Integração Energia-Complexidade-Comércio e os Limites Territoriais da Estabilização Pós-Bifurcações Como Uma Restrição Externa.....	246

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Crescimento populacional absoluto e o total de terras cultiváveis per capita, medida em hectares por pessoa (10000 A.C. – 1950)	77
Gráfico 2 - Dados Históricos Mundiais Sobre a Produção de Ferro, Aço e Consumo de Energia por Fonte (1800-1950).....	107
Gráfico 3 -Participação da população nas áreas urbanas (%) em países selecionados de 0 a 1940	113
Gráfico 4 - População urbana e rural (em bilhões) de 6000 a.C. a 1950 d.C., em valores absolutos estimados	115
Gráfico 5 - Comércio mundial baseado em porcentagem do PIB (1500-1945).....	122
Gráfico 6 - Dinâmica da produção, exportação e do comércio internacional de carvão e petróleo (1800-1910/1970)	141
Gráfico 7 - Consumo, capacidade de exportação e dependência de importação de energia em Mtce (1925)	144
Gráfico 8 - Consumo, capacidade de exportação ou dependência de importação de energia em Mtce (1965)	145
Gráfico 9 - Distribuição de Áreas Ocupadas por Atividades Antrópicas e Infraestruturas em Escalas de Área (m ²) e Densidade de Potência (W/m ²).....	154
Gráfico 10 - Densidade de Potência Energética per capita (W/m ²) em Relação à Densidade Populacional (hab/km ²) entre Países Desenvolvidos e em Desenvolvimento	156
Gráfico 11- Formação Interna Bruta de Capital na Grã-Bretanha de 1760-1860 a preços de 1851-1860 por setor.....	169
Gráfico 12 - Comércio intercontinental, em £ per capita a preços constantes de 1700 a 1800	198
Gráfico 13 - Variações comerciais nas Guerras Napoleônicas (1807-1814) e a Primeira Guerra Mundial (1914-1918).....	210
Gráfico 14 - Relação entre comércio mundial e o valor das exportações pelo PIB	222
Gráfico 15 - Índices globais de taxas de frete nominais e reais (1884 = 100%)	223
Gráfico 16 - Participação por fonte de energia de longo prazo em porcentagem de consumo no Reino Unido (A), Alemanha (B) e Japão (C) de 1800-1950	229
Gráfico 17- valor dos bens importados como parcela do PIB	230
Gráfico 18- Participação do comércio por país dos espaços de controle formal e informal em 1929, 1932, 1938	235

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Definição e Articulação dos Objetivos e Hipóteses	24
Tabela 2 - Emergência da Complexidade Social e seus Mecanismos	38
Tabela 3 - Tamanho da população de uma área produtora de alimentos e a distância viável de transporte a partir da cidade central.....	83
Tabela 4 - Densidade energética de diferentes fontes de energia (em MJ/Kg)	104
Tabela 5 - Evolução da Energia Cinética dos Armamentos (J).....	130
Tabela 6 - Relação Terra-Energia com a complexidade e formação do Sistema Energético Global	138
Tabela 7 - Eficiência de Diferentes Processos Energéticos por Potência Total (TW/GW), Densidade de Potência (W/m ²) e Área Ocupada (km ²)	155
Tabela 8 – Síntese periódica da conectividade Técnica e Fatores Críticos	224
Tabela 9 - Forças navais durante as duas Guerras Mundiais (1914-1918) – (1939-1945).....	236
Tabela 10 - Quadro Analítico da Tríade Energia-Complexidade Social-Comércio Longo Alcance	245

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	16
PARTE I – POTÊNCIA (W).....	25
1.1 ENERGIA E OS LIMITES DO CRESCIMENTO E DA ORGANIZAÇÃO SOCIAL.....	29
1.1.1 Saltos de Complexidade Social e Dissipação Energética.....	34
1.1.1.1 Entropia e Transições de Fase	39
1.1.1.2 Sistemas de Não Equilíbrio e Bifurcações	46
1.1.2 Manutenção de Complexidade Social e o Fluxo Energético.....	50
1.2 ECONOMIAS ORGÂNICAS E A TERRA COMO FUNDAMENTO PRODUTIVO.....	60
1.2.1 Revolução Agrícola e o Regime Agrocultural e de Energia “Somática”.....	66
1.2.2 Limites das Economias Orgânicas	72
1.2.3 Comércio Pré-Industrial e a Expansão Virtual do Território	84
1.2.3.1 Comércio de 3000 a.C. a 1492 d.C.....	91
1.2.3.2 Comércio de 1500 a 1750.....	96
1.3 ECONOMIAS MINERAIS E OS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS COMO FUNDAMENTO PRODUTIVO	101
1.3.1 Urbanização.....	110
1.3.2 Revolução dos Transportes	117
1.3.3 Revolução Militar.....	127
1.3.4 Sistema Energético Global	134
PARTE II - DENSIDADE DE POTÊNCIA (W/m ²).....	149
2.1 DEBATE CLÁSSICO E O COMÉRCIO INTERNACIONAL	159
2.1.1 Terra e os Rendimentos Decrescentes.....	161
2.1.2 Terra na Perspectiva Malthusiana	171
2.1.3 Terra na Perspectiva Ricardiana.....	177
2.1.3.1 “Paradoxo de Ricardo” e as Inovações Tecnológicas	184
2.2 PROPRIEDADES ESTRATÉGICA DO COMÉRCIO E O PODER NAVAL	190
2.2.1 Força Independente-Dependente	191
2.2.2 Poder Naval Britânico	195
2.2.2 Poder Marítimo	201
2.3 PROPRIEDADES EMERGENTES DA PRIMEIRA GUERRA MUNDIAL	206
2.3.1 Guerra Total e a Construção de Estruturas Estratégicas Próprias.....	212
2.3.2 Conectividade Técnica e Fragmentação Política	220

2.3.3 Três Respostas à Crise Energética e à Expansão sob Restrições	226
2.3.3.1 Entreguerras: Desconexão do Sistema	230
2.3.3.2 Segunda-Guerra Mundial: Falta de Poder Naval.....	236
2.4 SÍNTESE ESTRUTURAL ENTRE ENERGIA, COMPLEXIDADE E COMÉRCIO INTERNACIONAL.....	238
2.4.1 Gradientes de Energia no Território e no Mar	239
2.4.2 Limite da Complexidade em Regiões de Baixa Energia por Território	242
CONCLUSÃO.....	248
REFERÊNCIAS	255

INTRODUÇÃO

Há uma cena no início de *Os Caçadores da Arca Perdida* que, embora revestida de fantasia, expõe com clareza algo que esta dissertação toma como princípio. Em 1936, dois homens da inteligência do Exército dizem a Indiana Jones que os alemães estão vasculhando o deserto em busca da Arca da Aliança. Ela, no roteiro de Steven Spielberg e George Lucas, aquilo que a *Time* celebraria como “*duas das melhores horas de puro entretenimento*”¹ daquele verão, é a densificação de energia sagrada capaz de tornar invencível o exército que dela se apropriasse. Premissa que, entretanto, projeta uma questão que o próprio roteiro talvez não pretendesse formular, já que se trata de imaginar por que um regime moderno recorreria, como último recurso, a intervenção do sobrenatural². Nesse gesto de ficção se condensa, de maneira quase intuitiva, a tensão que percorre esta pesquisa, pois a Arca aparece como resposta metafísica a um dilema físico, ao oferecer energia ilimitada e supremacia absoluta sem reconhecer as leis que regem todos os sistemas, em especial a Conservação da Energia.

Naquilo que permanece quando se retira o véu sobrenatural, o Terceiro Reich poderia tentar compensar sua escassez energética de duas formas, ampliando a produção interna ou

¹ (Time, 15 jun. 1981): “O que as pessoas faziam nos verões antes de George Lucas começar a fazer filmes?”, perguntava o resenhista. A crítica foi publicada sob o título Cinema: Slam! Bang! Um Filme, na edição de 15 de junho de 1981 da revista Time, assinada por Richard Schickel. Nela, o autor elogia o filme ao conectar aventura visual com elementos arquetípicos do mito. Observa que a produção é fruto de um projeto de George Lucas iniciado em 1973 como “um devaneio” inspirado nos seriados da Republic Pictures, e desenvolvido em parceria com Steven Spielberg e o roteirista Lawrence Kasdan. George Lucas, recém-saído do sucesso de *Star Wars* (1977), idealizou o projeto como um “filme B que eu quisesse ver. Spielberg, por sua vez, retornava à forma depois de um período instável pós-Jaws (1975), e encontrou no projeto um espaço para recuperar “a vivacidade e a coerência” de seu melhor trabalho. Lawrence Kasdan, vindo de *The Empire Strikes Back*, consolidou-se em uma maratona criativa de cinco dias, marcada, segundo Spielberg, por intensa troca de ideias e encenação de cada sequência da história. Ao comentar a inserção da Arca da Aliança na trama, ele assinala que se tratava de “um objeto máximo de veneração religiosa” que, segundo a lenda, conferiria poder invencível a quem o possuísse, justificando sua disputa entre nazistas e americanos.

² Apesar da já conhecida relação do regime com o mítico. Como Kurlander (2017) coloca, o sobrenatural, para o nazismo era “por todas as suas invocações de ‘iluminação’ (Aufklärung) e desacordos sobre o papel adequado da ciência e da religião” teriam reconhecido “a utilidade, de fato, a necessidade, de apelar para o anseio da Alemanha pós-guerra por mito e desejo por transcendência ao tornar suas visões raciais e imperiais amorfas uma realidade”. O autor argumenta que levar a sério os elementos sobrenaturais do Nazismo não significam ressuscitar argumentos ultrapassados sobre a “peculiaridade” alemã. Não havia um “caminho especial” inerente entre o ocultismo ou paganismo do século XIX e o nacional-socialismo. A astrologia, a clarividência e a atividade paranormal, a mitologia germânica e os contos de fadas, as tradições religiosas pagãs e a superstição popular, as práticas de cura alternativas e a ciência marginal, todos esses fenômenos e práticas culturais eram notavelmente difundidos na Alemanha. Eles eram compatíveis com muitos aspectos da modernidade, da política de massa e do consumismo, e nunca se limitaram exclusivamente à direita racista e proto-fascista. Isso não significa, porém, que todos os movimentos fascistas europeus fossem igualmente suscetíveis ou igualmente propensos a recorrer ao pensamento sobrenatural. Da mesma forma, em comparação com os nazistas, os liberais alemães, socialistas ou mesmo católicos não estavam tão dispostos a explorar o imaginário sobrenatural na propaganda ou na política. No final, o movimento nazista manteve laços mais estreitos com o meio oculto, völkisch-religioso e científico marginal do que qualquer outro partido de massa da era de Weimar (Kurlander, 2017, p. xv–xvii).

capturando recursos externos, e não por acaso a Alemanha do entreguerras tinha acesso restrito ao comércio internacional e dispunha de um território pobre em fontes primárias, como o petróleo. Por óbvio, esta dissertação não persegue o mito nem o cinema; evocá-los serve para iluminar o que acontece quando a saída metafísica simplesmente não existe, quando não há Arca capaz de oferecer energia ilimitada. É nesse ponto que a atenção se volta ao caminho real, ao território concreto, à física que impõe limites e exige estratégias, sendo justamente nesse contexto que se coloca a nossa questão central, sobre como sociedades sustentam formas superiores de organização diante das fronteiras energéticas de seu próprio espaço. A resposta que propomos é que energia, escassez e organização não se apartam, tomando que as formas de ordem (social, institucional ou técnica) só emerge mediante consumo e dissipação de energia.

Essa é a essência da termodinâmica do não equilíbrio, como formulada por Prigogine, segundo a qual sistemas que recebem fluxos contínuos de energia e matéria atravessam instabilidades, rompem trajetórias entrópicas e geram estruturas pela tensão entre entradas e dissipação, e não por “auto-organização” espontânea. Tal física é a que informa a análise e dá forma à política de, em vez de partir das instituições para os recursos, deslocarmos a interpretação para uma abordagem que toma o fluxo como condição ontológica de sustentação. Em sistemas isolados, a Segunda Lei da Termodinâmica conduz ao equilíbrio, máxima entropia e desordem; em sistemas abertos, a entrada contínua de energia e matéria permite reverter essa trajetória, promovendo reorganizações e a emergência de estruturas complexas, com bifurcações e transições de fase que afastam o sistema do equilíbrio, quanto momentos críticos que diante de instabilidades muda qualitativamente seu comportamento. Nesse viés, a complexidade social (quer seja a urbanização e hierarquias, quer sejam os circuitos técnicos que a sustentam) nasceria de uma condição fisicamente determinada: a operação em regime de sistema aberto, com, de um lado, a tendência entrópica, que empurra sociedades à dissolução de suas formas organizadas; de outro, a possibilidade de capturar, armazenar e converter fluxos de energia, que oferecem a base material para resistir ao colapso e projetar novas camadas de complexidade.

Tivemos início com a proposta de aplicar essa chave de leitura ao Japão³, análoga a formulada por Tooze (2007) para a Alemanha em *The Wages of Destruction*, centrada no

³ Como destacam Barnhart (1987) e Hara (1998), a estratégia imperial japonesa organizava-se a partir da articulação entre guerra total, controle territorial e superação dos limites materiais impostos à inserção internacional do país. A escassez de petróleo coqueificável era apenas uma entre diversas restrições estruturais que compreendiam, em termos ainda mais imediatos, a crescente vulnerabilidade alimentar. A política dos governadores militares consolidava o controle da Coreia e da Manchúria com o objetivo de incorporar milhões de alqueires de arroz, cevada, milho, trigo e soja, articulando expansão territorial, aumento populacional e segurança

diagnóstico de que a radicalização política e militar do regime nazista respondia a uma situação concreta de fragilidade econômica. Embora Tooze não formule sua análise nos termos da física ou da termodinâmica, ele mostra, com nitidez, que a Alemanha enfrentava, nos anos 1930, uma condição estrutural de escassez, refletida em déficits externos, instabilidade monetária e, sobretudo, falta de acesso seguro a insumos energéticos estratégicos. Entre 1920 e 1939, ela viveu à margem do sistema internacional de redistribuição energética. Sem reservas domésticas, excluída dos consórcios anglo-americanos e com acesso aos campos de petróleo controlado por potências rivais, o Reich deparava-se com o dilema de expandir com o que não tinha ou submeter-se ao que não queria. Invadir a França a pé, como ironiza, foi uma decisão militar moldada por essa escassez.

Ao reler esse argumento à luz da física dos sistemas abertos, identificamos a possibilidade de formular uma hipótese auxiliar de que a vulnerabilidade econômica, em contextos históricos específicos, pode ser compreendida como vulnerabilidade energética. A rigor, como incapacidade de sustentar internamente os fluxos materiais necessários à manutenção da complexidade produtiva e institucional já atingida⁴. No entanto, ao aprofundar

alimentar de forma integrada. Essa orientação, desenvolvida por Ito Hirobumi e Yamagata Aritomo, sustentou as ações do general Araki Sadao, ministro da Guerra entre 1931 e 1934, que afirmava que o Japão deveria enfrentar suas limitações geográficas e persegui-las como parte de seu destino mesmo diante dos riscos. Smil e Kobayashi (2012) indicam que, entre 1868 e 1940, a população do Japão passou de 32 para 73 milhões de pessoas, enquanto a área cultivada com arroz cresceu de 6 para 8 milhões de acres. Ainda assim, a produção tornou-se insuficiente para o consumo nacional, pois apesar do uso intensivo de fertilizantes e da elevação do rendimento por acre de 20 para 40 alqueires, em 1940 o déficit interno foi de 65 milhões de alqueires de arroz (bushels).

⁴ Essa hipótese foi testada inicialmente no caso japonês, a partir dos dados de comércio exterior e da trajetória de Takahashi Korekiyo, cuja política monetária sustentou os primeiros ciclos de expansão, mas cuja tentativa posterior de conter a autonomia orçamentária das Forças Armadas resultou em sua morte em 1936. O contraste com o caso de Carl Goerdeler, na Alemanha, que tentou barrar a radicalização administrativa e militar, e também foi eliminado, reforçou a percepção de que ambos os regimes operavam sob uma mesma lógica estrutural de restrição. Goerdeler, enquanto ex-comissário de preços do Reich, convocado por Göring para delinear alternativas à crescente deterioração econômica alemã, advogou pela desvalorização da moeda combinada à liberalização cambial e ao retorno à disciplina fiscal como forma de preservar a confiança dos mercados, observando que “a Alemanha necessitaria retornar à disciplina fiscal” (Tooze, 2006, p. 217). Seu fracasso em influenciar os rumos do regime levou-o à resistência interna e, por fim, à execução em 1945. Takahashi, por sua vez, no Japão pós-Depressão, atuou como artífice de um programa de recuperação centrado na racionalização industrial, no estímulo às exportações e no controle da saída de divisas, o que enfrentou limites estruturais com a escalada dos gastos militares, provocando “inflação de preços e uma queda concomitante nas exportações japonesas, resultando na fraqueza do iene” (Barnhart, 1987, p. 23). Ao tentar reverter esse quadro por meio do corte nos orçamentos militares, tornou-se alvo da insurreição de 1936, sendo assassinado a tiros. Ambos os casos evidenciam o ponto de ruptura em que a política econômica deixou de ser instrumento de estabilização para tornar-se subsistema da mobilização total, sob comando estratégico. No Japão, essa transição consolidou-se com a transformação do aparato de planejamento em Ministério de Munições em 1943 e, mais tarde, no MITI, símbolo do desenvolvimento industrial pós-guerra (Johnson, 1982). Na Alemanha, o Plano de Quatro Anos cristalizou essa lógica ao afirmar que “a salvação definitiva da Alemanha só poderia vir por meio da conquista, não do comércio. E o horizonte temporal para iniciar essa campanha era de quatro anos, plenamente alinhado com o plano de expansão do exército” (Tooze, 2006, p. 222). Após o assassinato de Takahashi, tornou-se evidente que apenas uma dependência contínua do financiamento do déficit poderia viabilizar todo esse pacote de medidas, e “a parcela do orçamento total destinada aos militares aumentaria de 36 para 45 por cento” (Barnhart, 1987, p. 36).

esse caminho, a hipótese auxiliar expandiu-se. O problema deixou de ser um paralelo explicativo entre Japão e Alemanha para se tornar uma interrogação mais ampla: **investigar os mecanismos físicos, políticos e econômicos por meio dos quais sociedades energeticamente frágeis tentam sustentar sua complexidade com o comércio internacional como tecnologia política sujeita a riscos, bloqueios e assimetrias geopolíticas.**

De forma mais clara, passou a ser a própria articulação entre energia, complexidade e comércio pela qual sociedades fragilizadas tentam manter sua posição relativa, conectando-se a fluxos externos ou projetando poder sobre territórios energeticamente mais favorecidos. A trajetória britânica nos séculos XVIII a XX confere respaldo histórico a essa formulação. Uma ilha com recursos finitos sustentou crescimento explosivo porque reciclava joules alheios em complexidade industrial e social doméstica. Todavia, na dinâmica dos sistemas complexos, os eventos de curta duração não podem ser plenamente explicados sem considerar o regime de longa duração no qual estão imersos. A estrutura do sistema não reside nos instantes, nota-se, na forma como padrões emergem e se estabilizam em um espaço de fases que se constituem atratores históricos como configurações que canalizam o comportamento do sistema mesmo diante de flutuações pontuais.

A aplicação direta disso é que o recorte analítico estrito é insuficiente. Ele pode capturar variações locais, mas se quisermos ser precisos, não apreende os padrões recorrentes, tampouco os mecanismos de auto-organização e de acoplamento estrutural que orientam o comportamento do sistema em direção a certos estados. Assim, ao contrário de nos limitarmos aos últimos três séculos, o problema mais geral dito ecoa 12 mil anos de história humana. Ao caso, próximo do mesmo que move Diamond (2013) em *Armas, Germes e Aço* sobre a história das civilizações ser, como fundo, basicamente embates entre os que “têm” e os que “não têm”, sejam grãos, metais ou condições geográficas para domesticá-los. Isso também é dizer, por outra, mais modernamente, que algumas nações nasceram sobre jazidas de carvão e petróleo, enquanto outras, sem “dotes” iniciais, desafiaram essa sentença.

Essa disputa por recursos, de toda sorte, é apenas uma face da moeda. A outra reside no fato de que até as tecnologias sociais mais abstratas, aquelas que, como Dunbar (1996) observa, permitiram superar nosso limite cognitivo de 150 relações estáveis, são, em última análise, dispositivos energéticos. Seja a burocracia, o comércio de longa distância ou os sistemas legais, nenhuma dessas inovações funciona sem um substrato material energético, como Smil (1994; 2008; 2010; 2014; 2017) demonstra em sua extensa obra sobre os fundamentos biofísicos das

civilizações⁵. Em análise, é que a energia e o seu estoque, dado no território, são atratores de fase da evolução da complexidade social. Fundamentalmente, a versão final desta dissertação nasce do percurso, no qual a pergunta inicial pode parecer uma pergunta econômica sobre porque fazer, ou não fazer, o comércio. E, de fato, ela o é. Mas carrega sugestões que extrapolam o domínio da troca e nos conduzem a um terreno muito mais profundo que é o da sustentação material de sistemas complexos. Esse processo envolveu o desacoplamento da hipótese central de um estudo de caso específico, o Japão, para que ela pudesse assumir um caráter mais geral e heurístico.

Esse caráter é uma hipótese de que as sociedades de baixa densidade energética interna, ao expandirem sua complexidade, via especialização, urbanização, inovação técnica, acabam por estressar suas cadeias energéticas. Esse estresse pode levar à sobrecarga interna ou ao colapso se não houver reorganização, viável com energia adicional vinda de fora, o que posiciona o comércio como válvula funcional entre o salto civilizacional e sua estabilização. De todo jeito, que depende de uma inserção internacional que funcione como suporte externo. Ou melhor, quando assume essa função, como gradiente entre regiões assimétricas de densidade energética, ele precisa de rotas, de acesso estável, de redundância logística e, sobretudo, de projeção de poder.

O desafio para esse viés, à guisa, foi integrar essas dimensões, uma vez que a literatura especializada por muito fragmenta esse problema. Tainter (1988) e Diamond (2005) relacionam energia à expansão e colapso social, porém sem diálogo com geopolítica. A tradição sistêmico-mundista (Bunker; Ciccantell, 2005; Hugill, 1994), a história ecológica do capitalismo (Wrigley, 1988; 2010; Crosby, 2006) e os estudos do sistema energético global (Podobnik, 2006) tratam comércio e energia, mas veem a energia mais como meio que como variável explicativa. A dimensão militar, estudada em Guerra Total (Chickering; Förster, 1999, 2003), guerra naval (Mahan, 1965; Guilmartin, 2002; Lambert, 2021, 2023) e reorganização produtiva (Bell, 2007; Buckley, 2009), mostra como Estados estruturam poder em torno da energia e rotas sem a integração dessas dimensões.

A relação entre complexidade e comércio, por sua vez, tem sido predominantemente abordada sob uma ótica gerencial. Muitos trabalhos reconhecem que a longa distância exige centralização, seja em elites, seja no Estado, e que isso gera ou sustenta complexidade social, como demonstram os trabalhos de Kristiansen et al. (2018, 2022), com artefatos e redes (Wilkinson, 2018 sobre têxteis; Barjamovic, 2018 sobre rotas do Bronze), mantendo-se alheios

⁵ Ainda que tratando o progresso como uma flecha unívoca no tempo em muitas partes, sem levar em conta a possibilidade do seu oposto, o colapso

às dinâmicas energéticas subjacentes. Quem tensiona essa lacuna é a Escola da Califórnia, somente do século XVI para frente, sobretudo com a noção de “acres fantasmas” em Pomeranz (2000), que identifica no aporte colonial uma via material de alívio às restrições ecológicas europeias, ou ainda Jones (2003), ao tratar o comércio atlântico como válvula de descompressão. O esforço de fazer isso com mais duração é da Mega História e nos colocamos ao seu lado, com Chaisson (2004, 2011), Spier (2011; 2015) e Niele (2005), que busca oferecer uma perspectiva integradora entre escalas cósmicas e antropológicas, normalizando a complexidade por métricas universais de massa e energia. Contudo, bebendo dessa fonte, nosso enfoque não está no androcósmico, acode, no eixo androstatal e propomos a normalização pelo território para ver comércio como fenômeno termodinâmico e geopolítico que conecta físico, político e comercial.

Quanto ao “Sistema”, Tilly (1975) e continuadores⁶ explicam o Estado via guerra como mecanismo seletivo e ciclos de colapso e reconstrução. Dialogamos com isso, *cum grano salis*, acrescentamos a energia como variável estruturante, interpretando o sistema internacional como arranjo material que condiciona a sobrevivência social e estatal, moldado pela dinâmica energética e institucional. Muitas vezes, procederemos observações da literatura de Transições Sistêmicas, porque, os elos do poder e os seus constrangimentos se ligam as ferramentas do jogo de seus avanços que, por sua vez, expressam a simbiose entre excedente, expansão e violência. Um longo processo que começa quando Portugal respondeu aos ricos mercados do século XV de Gênova e Veneza e prossegue abstratamente semelhante, pese embora, muito maior, nos Países Baixos, Inglaterra e Estados Unidos dos séculos XVI a XX, terminando com semelhanças e diferenças na Alemanha e no Japão.

Pelas sendas abertas por este percurso, retomamos a Economia Política Clássica. A Inglaterra, situada nesse percurso, fez o vínculo originário do problema que se reabre e que os clássicos fizeram de agenda de pesquisa: o salto energético que sustenta o aumento da complexidade produtiva e a reorganização espacial do crescimento. Um processo aprofundado pelo debate das Corn Laws que envolvia a busca por injeções externas de energia, sob a forma

⁶ Fiori, Tilly e Elias colocam como as dinâmicas político-competitivas, nas quais a centralização do poder e a criação de mecanismos econômicos voltados para a guerra caminham lado a lado, promovendo, ao mesmo tempo, a acumulação de riqueza. Especificamente, essas dinâmicas estão entre as forças que impulsionaram a expansão do comércio global ao longo dos últimos seis séculos, como analisado por Bunker e Ciccantell (2005), Hugill (1995), Findlay e O'Rourke (2009), tanto na lógica sistêmica quanto nas tradições da economia clássica e neoclássica. O controle das rotas comerciais e o domínio das tecnologias que facilitam esse comércio são fatores para a ascensão das potências que, ao longo da história, foram capazes de controlar o sistema internacional. De acordo com suas análises, é possível perceber que o comércio reflete e condiciona a estrutura de poder, já que as potências que dominam o sistema internacional estão inseridas em um complexo jogo de competição pelo controle das trocas globais.

de grãos, porque a industrialização nascente operava em déficit ecológico e o comércio surgia como meio de compensação. Ao pensar a terra como fator produtivo limitado por fronteiras, esse escopo fornece uma chave para formular a disponibilidade energética como variável territorial. Vínculo esse que, como nota Slessor (1978), a ciência econômica moderna ocultou o papel da energia ao confiar em capital e tecnologia como substitutos universais. Sem acaso, o nome desta dissertação adquire sentido nisso. Ele se inspira na obra *"Produção de Mercadorias por Meio de Mercadorias"*, do Neoricardiano Piero Sraffa (1960). Inspirado pelo “modelo do grão” de Ricardo, amplia essa ideia ao construir a “mercadoria-padrão”, um agregado de bens básicos que funciona como unidade homogênea para avaliar capital e preços⁷. A própria essência do que uma linguagem para estabilizar a medida do valor num sistema complexo que dele participam bem básicos e não básicos, cuja falta dos primeiros cessa o circuito.

O escopo a seguir pode ser entendido como um atalho para percorrer essa mesma ideia, da energia como mercadoria-padrão, ampliada em seu sentido material mais direto, como alimentos, carvão, petróleo e os meios técnicos que os fazem circular, como o bem básico por excelência, cuja falta interrompe todo circuito produtivo. Para fazer isso em proposições verificáveis, as páginas anteriores já tornaram explícito tanto o **objetivo geral** de compreender como energia, complexidade e comércio se co-implicam e a **hipótese** mais ampla que a complexidade cresce e se sustenta pela redistribuição de energia, mediada politicamente. Da mesma forma que o **recorte** dedicado ao sistema internacional até 1945, este aborda como

⁷ Numa economia complexa com inúmeros bens de capital heterogêneos entre si, não há uma relação simples entre a natureza das técnicas utilizadas e a taxa de lucro. Um agregado de bens básicos que uniformiza capital e produção. Esses bens básicos são essenciais, pois sua ausência interrompe o funcionamento do sistema, diferentemente dos bens não básicos que dele participam secundariamente. Foi esse problema que ele buscou resolver que passava pela necessidade de um numerário de valor invariável, ou em específico, uma unidade de medida cuja valoração não fosse afetada pelas mudanças na distribuição. A solução para alcançar essa estabilidade foi a construção teórica da “mercadoria-padrão”, um agregado de bens básicos que, ao ser usado como unidade de medida, torna o capital homogêneo, permitindo que tanto os insumos quanto os produtos se igualem em sua composição física ao longo dos diversos processos produtivos. Sraffa partiu do problema da circularidade presente na teoria clássica do valor segundo a qual a determinação do valor de uma mercadoria depende do valor de outras mercadorias utilizadas em sua produção sendo necessário, portanto, reduzir todas elas a uma medida final de valor comensurável. A economia clássica recorreu ao grão ou ao conjunto dos meios de subsistência dos trabalhadores como numerário representativo do trabalho incorporado direta ou indiretamente. Reformulou essa questão a partir de sistemas de equações simultâneas e propôs uma solução por meio da mercadoria-padrão um agregado hipotético composto exclusivamente por bens básicos cuja composição física é idêntica entre insumos e produtos em todos os estágios de produção. Essa mercadoria possui a propriedade de neutralizar os efeitos da redistribuição entre salários e lucros mantendo constante seu próprio preço o que a torna adequada como numerário invariável para a construção da curva salário-lucro em sistemas com bens de capital heterogêneos. A determinação do excedente requer a fixação exógena de uma variável distributiva sendo a taxa de lucro tomada como parâmetro associado à taxa monetária de juros e não mais o salário real. A base analítica dessa construção encontra-se no método de redução a quantidades datadas de trabalho (Parte I cap VI) embora o trabalho não seja tomado como fundamento último dos preços de produção.

diversas formações estatais responderam à escassez ou dependência de insumos energéticos, com ênfase especial no contexto do império britânico na modernidade.

Desse recorte derivam quatro **objetivos específicos**: compreender como a energia estrutura a vida social; analisar os limites físicos dos regimes energéticos históricos; investigar o papel do comércio como suporte da complexidade a partir do debate clássico sobre a terra; e explorar a inserção geopolítica da Grã-Bretanha no acesso a esses fluxos. Mais ainda, tais linhas de investigação se orientam por duas **hipóteses auxiliares**, que podem ser lidas como duas faces de um mesmo processo: a primeira diz respeito ao salto, à possibilidade de expandir a complexidade social pela integração a fluxos energéticos globais conectados por comércio e tecnologia; a segunda, à sua manutenção, que só se torna viável quando essa integração é politicamente estabilizada por estratégias de inserção geopolítica em um sistema cada vez mais interdependente e assimétrico.

A estrutura do texto acompanha esse percurso. Divide-se em duas partes, cada uma dedicada a uma hipótese auxiliar. Chamamos a primeira parte de *Potência* (W) porque voltamos à energia em seu fluxo, que significa a capacidade de transformá-la por unidade de tempo e, com isso, manter funcionando os sistemas dissipativos que chamamos de sociedades. A sucessão de regimes energéticos (da biomassa ao carvão e ao petróleo) delimitou fronteiras materiais de crescimento e complexidade. A modernidade energética, ao acoplar fontes concentradas a redes de transporte, inaugurou um Sistema Energético Global. Foi essa conexão técnica entre fontes e fluxos que abriu espaço para que regiões estruturalmente frágeis em termos energéticos pudessem sustentar complexidades elevadas e gerou, também, um conjunto de vulnerabilidades sistêmicas.

Com base nessa constatação que entramos na Parte II para acompanhar as relações políticas dessa nova configuração. Falamos, assim, de *Densidade de Potência* (W/m^2), que introduz a dimensão territorial e conecta energia à geopolítica. Mobilizamos a Economia Política Clássica e a geopolítica marítima de Mahan nela e usa, muitas vezes, o caso britânico como exemplo. A Primeira Guerra Mundial consolidou a Guerra Total, fundindo frente militar, retaguarda produtiva e logística internacional. Todos esses agregados dão forma a noção de que a estabilização desses sistemas depende não tão-somente de decisões internas, valha a pena notar, de inserções no espaço global cujas assimetrias condicionam o repertório possível de escolhas geopolíticas. Assim sendo, que a técnica não desmaterializou o sistema, nem tampouco autonomizou em relação ao território, antes, vinculou-as de forma também mais intensa e vulnerável.

Tabela 1- Definição e Articulação dos Objetivos e Hipóteses

Recorte:	Sistema internacional até 1945, analisando como formações estatais responderam à escassez e dependência de recursos energéticos ao longo dos regimes energéticos orgânico e fóssil, com ênfase no papel do Império Britânico na consolidação do sistema energético global moderno			
Objetivo geral	Objetivos Específicos	Hipótese geral	Hipóteses Auxiliares	Estrutura
Compreender a relação entre Energia, Complexidade e Comércio	Formular o elo entre energia e organização social	Complexidade cresce com o aumento dos fluxos de Energia redistribuídos pelo Comércio, sendo a projeção de poder político o elemento para sustentar essa interação	Sendo as sociedades sistemas dissipativos cuja complexidade depende da conversão contínua de energia em trabalho, os saltos de complexidade ocorreram com os avanços nos conversores, porém, que passaram a exigir fontes cada vez mais específicas e concentradas em territórios. Isso permitiu também que, por meio de redes técnicas e logísticas, redistribuir energia em escala ampliada. O comércio internacional, nesse contexto, atua como canal funcional dessa redistribuição que dá origem ao que se pode denominar sistema energético global, no qual certas regiões ampliam sua complexidade ao se integrarem a esse arranjo.	PARTE I – POTÊNCIA (W) Física dos sistemas abertos e dos sistemas dissipativos Tópicos abordados: Regimes energéticos históricos (biomassa, carvão, petróleo) Limites físico-energéticos da organização social Formação do Sistema Energético Global
	Analisar os limites impostos pelos regimes energéticos orgânicos e fósseis às formas de organização social		Esse sistema, ao redistribuir energia, ampliou a complexidade social por meio do comércio. Contudo, a conectividade tecnicamente viável, ainda que expansiva, não se traduziu automaticamente em sustentabilidade sistêmica, pois ela depende de condições políticas específicas. Por isso mesmo, mais vulneráveis. Nessas condições, a manutenção da complexidade em regiões com baixa disponibilidade energética local depende de estratégias de inserção geopolítica capazes de garantir acesso, segurança e continuidade dos fluxos por meio do controle das rotas, infraestrutura logística e projeção de poder.	PARTE II – DENSIDADE DE POTÊNCIA (W/M²) Economia clássica e renda da terra Tópicos abordados: Poder naval britânico Primeira Guerra Mundial e Guerra Total Propriedades Emergentes no Entreguerras
	Examinar como o debate clássico formula o comércio em relação a terra			
	Discutir as propriedades estratégicas do comércio a luz do poder marítimo e da geopolítica			

PARTE I – POTÊNCIA (W)

Antes de falarmos em comércio, em segurança dos fluxos ou na expansão das redes globais e o formalismo da Economia Política Clássica, temas que dominarão nossa Parte II, é necessário um movimento regressivo em direção ao que chamaremos, aqui de Potência (W): o processo pelo qual a energia, ao atravessar sistemas abertos, torna-se forma social, organização adaptativa, regime técnico ou codificação institucional. Versa-se, pois, de partir daquilo que antecede a política e a economia como esferas autônomas, à medida que se aplica, o contínuo de energia em trânsito. Determinamos isso como Potência, na taxa de variação dada a energia no tempo, comumente mensurada em watts, que corresponde à transferência (ou conversão) de 1 joule (trabalho para acelerar 1 kg a 1 m/s² por 1 m) de energia por 1 segundo.

A partir dessa definição simples, podemos abrir um campo de interpretações que conecta astrofísica, biologia e história social. Estrelas emitem energia por meio de fótons, a cada segundo nosso Sol emite 380 septilhões joules em radiação. Plantas capturam essa energia através da fotossíntese, ao menos apenas meio bilionésimo dela que chega ao planeta e menos da metade do que sobra depois do que é refletido de volta para o espaço ou absorvida pela atmosfera e pelas nuvens. Por extensão desse processo, sociedades humanas reconfiguram esse fluxo em formas materiais, isso quer dizer, em templos, máquinas e impérios. Não poderíamos ser mais “filhos do sol” mesmo se andássemos com painéis solares nas costas, como Crosby (2006) abre seu livro com esse mesmo nome⁸.

O sarcasmo, de qualquer maneira, é que a vida, essa complexidade biológica que nos constitui, não seria produto direto do Sol, e, para ser exato, de fontes geotermiais⁹. De toda

⁸ Como Crosby (2006, p. 05) afirma: “so we could have sources of food, hide, fiber, bone, and help within easy reach. We harnessed fire (as have no other creatures), tapping sun energy by igniting biomass created by photosynthesis. The burning of recently living biomass—wood, for instance—has continued on into our time. In the last two centuries we have also been burning immense, almost immeasurable, quantities of fossilized biomass from ages long before our species appeared. Today, as ever, we couldn't be more creatures of the sun if we went about with solar panels on our backs”

⁹ De acordo com Damer e Deamer (2020, p. 434), as condições dos campos hidrotermais subaéreos da Terra primitiva, com suas piscinas intermitentes, ciclos de secagem e reidratação, composição ácida moderada e abundância de cátions e ânions, ofereciam um ambiente físico propício, que, ao promover ciclos químicos repetitivos e concentrar compostos orgânicos, favoreceu a emergência de sistemas químicos organizados. Três fontes principais de matéria orgânica, a queda extraterrestre (Chyba e Sagan, 1992; Ehrenfreund e Sephton, 2006), a síntese atmosférica (Parker et al., 2011; Wu e Sutherland, 2019) e os processos geoquímicos em minerais quentes (Cody et al., 2000), convergiam nesses nichos energéticos, permitindo que a energia solar, a atividade vulcânica e os fluxos hidrotermais como operadores históricos da organização bioquímica. A ausência de oxigênio atmosférico, somada às altas taxas de queda de meteoritos há cerca de 4 bilhões de anos (Pearce et al., 2017), possibilitava o acúmulo estável desses compostos, que, ao invés de se diluírem nos oceanos, eram concentrados em superfícies minerais e expostos a variações térmicas rápidas, circunstância que retardava o equilíbrio entrópico e favorecia o surgimento da complexidade química que precedeu a vida.

forma, a Terra, como dito, é um sistema aberto, não no sentido de matéria, porém, de energia, que não morre, ou melhor, que toda essa complexidade surge, no sentido de não termos entrado em equilíbrio na tendência máxima de entropia, porque recebemos energia do sol e do decaimento e elementos nucleares abaixo do solo. O que significa que sua trajetória não se esgota no repouso, nem converge espontaneamente para o equilíbrio térmico absoluto que a segunda lei da termodinâmica parece prometer. Ao contrário, sua história é o adiamento dessa entropia final.

Segundo Prigogine (1978, 1989, 1985, 1996), sistemas afastados do equilíbrio só mantêm complexidade ao operar como estruturas dissipativas, absorvendo energia de alta qualidade e exportando entropia ao ambiente. A ordem que daí emerge não é espontânea, mas resultado da tensão contínua entre influxo energético e dissipação, em processos nos quais instabilidades podem abrir novas trajetórias de organização. Nesse sentido, é intenção dessa parte compor o quanto de energia se tem acesso no tempo como esse operante histórico. Seja a complexidade biológica na endotermia e cérebros avançados na demanda energética, a sistemas mais complexos como mamíferos comparados a répteis¹⁰, que exigem mais energia para manter funções especializadas, como termorregulação e cognição. Em nós, humanos, a encefalização (cérebro grande) foi impulsionada pela capacidade de acessar recursos energéticos e proteicos mais densos com a mediação do fogo como conversor energético e, da maior eficiência dessa conversão, redirecionar tempo e energia para formação de redes cooperativas e depois especialização nas bases das sociedades sedentárias:

Entre as sociedades pré-históricas mais recentes de relevância para a humanidade, o crescimento da encefalização do gênero *Homo* durante os últimos 2 milhões de anos pode ser evidência adicional da seleção natural atuando sobre indivíduos capazes de explorar recursos ricos em energia e proteína à medida que seus habitats se expandiam. (...) O cozimento foi provavelmente central entre as inovações culturais que permitiram aos humanos sustentarem cérebros grandes, liberando mais tempo e energia para dedicar a outras coisas — como alimentar cérebros ainda maiores, formar relações sociais e criar divisões de trabalho, tudo o que, sem dúvida, avançou a cultura¹¹ (2011, Chaisson, p. 54)

¹⁰ Como coloca: “Life depends critically upon energy usage; without a sustained flow of energy all life forms die. (...) Endothermy, with its constant portable microenvironment, surely conferred competitive evolutionary advantages in benign environments and allowed those species so endowed to adaptively radiate into hostile parts of the biosphere. Higher levels of O₂ consumption also likely expanded the range of sustainable exertion and long-distance endurance, granting opportunities for greater complexity to parallel the rise in Φ_m values for mammalian and avian lineages” (Chaisson, 2011, p. 49)

¹¹ Among more recent prehistoric societies of special relevance to humankind, the genus *Homo*’s growing encephalization during the past ~2 My may be further evidence of natural selection acting on those individuals capable of exploiting energy- and protein-rich resources as their habitats expanded. [...] Cooking was likely central among cultural innovations that allowed humans to support big brains, freeing up more time and energy to devote to other things—such as fueling even bigger brains, forming social relationships, and creating divisions of labor, all of which arguably advanced culture

Esse primeiro salto não esgota o problema da energia na organização social. Pelo contrário, ele o inaugura. O que primário se manifesta em nossos corpos e hábitos, rapidamente se desdobrou em nossos arranjos produtivos e territoriais. Se conseguimos sustentar um cérebro grande com lenha e caça, conseguimos sustentar uma aldeia com agricultura, e mais adiante, metrópoles com carvão. Constitui-se da mesma operação de extrair energia da natureza e convertê-la em tempo livre, divisão social e organização, porém, executada em escalas diferentes.

Caso se abrigue a premissa, é preciso também articular que ela não segue somente uma direção no tempo, com essa podendo cessar. Dessa cadeia de sugestões, de que níveis mais elevados de energia disponível sustentam arranjos sociais mais densos e complexos através de saltos técnicos que multiplicaram a eficiência energética, a autonomia local cedeu espaço a uma dependência cada vez mais pronunciada de fluxos distantes, contínuos e protegidos. Fazendo, portanto, razoável situar a energia como esquina da própria arquitetura histórica do poder, conforme detalha Podobnik (2006, p. 26):

Os esforços de impérios e estados-nação para estimular a produção doméstica de energia e obter acesso a recursos energéticos estrangeiros têm uma história muito longa. Já no século V a.C., a cidade-estado de Atenas empregou a força para obrigar seu interior a fornecer recursos de madeira para fins de energia e construção. Essa exploração estatal da madeira cresceu durante o Império Romano, enquanto as autoridades em toda a China, Índia, Norte da África e Europa Ocidental também passaram a intervir nos circuitos de produção e consumo de madeira nos períodos clássico e medieval. No período moderno, a intervenção estatal nos setores de energia de certa forma aumentou e diminuiu. Durante as Guerras Napoleônicas, por exemplo, agentes estatais na Grã-Bretanha e na França se envolveram em muitos esforços para aumentar sua própria produção de carvão e, ao mesmo tempo, atacar as operações de mineração inimigas. A intervenção estatal no carvão diminuiu quando essas guerras chegaram ao fim, apenas para se intensificar novamente no final do século XIX, quando as indústrias movidas a carvão se tornaram críticas para as máquinas de guerra modernas. Essa dinâmica intervencionista foi ainda mais fortalecida durante a Primeira e a Segunda Guerras Mundiais, quando os principais adversários lutaram para maximizar seu acesso a suprimentos de carvão e petróleo para campanhas militares¹² (Podobnik, 2006, p. 26)

¹² The efforts of empires and nation states to stimulate domestic energy production and to gain access to foreign energy resources have a very long history. As early as the fifth century B.C., the city state of Athens employed force to compel its hinterlands to provide wood resources for energy and construction purposes. This state enforced exploitation of wood grew during the Roman Empire, while authorities throughout China, India, North Africa, and Western Europe also came to intervene in circuits of wood production and consumption in the classical and medieval periods. In the modern period, state intervention in energy sectors has in some ways waxed and waned. During the Napoleonic Wars, for instance, state agents in Britain and France engaged in many efforts to increase their own coal output while simultaneously attacking enemy mining operations. State intervention in coal eased once these wars came to an end, only to intensify again later in the nineteenth century as coal-powered industries became critical to modern war machines. This interventionist dynamic was further strengthened during the First and Second World Wars, when key adversaries struggled to maximize their access to coal and oil supplies for military campaigns.

Para ser mais claro, entre o período clássico e a era medieval, distintas formações imperiais, da Europa ao Norte da África, passando pela Ásia Meridional e Oriental, a ampliação da produção doméstica de energia ou a busca por fontes externas foi vetor recorrente da ação estatal. A qual, centrado na gestão da madeira como principal insumo energético, estende-se até o século XVIII, quando começa a ceder lugar ao carvão, reorganizando a lógica energética na transição para o século XIX. A partir de então, com o advento das sociedades industriais, essa dinâmica se intensifica, culminando no século XX, cujo ápice se deu nas duas guerras mundiais em que carvão e petróleo passaram a ser pré-condições materiais para a sobrevivência dos Estados.

Desse modo, a territorialidade nos aparece como estoque energético. Cada sociedade, ao lidar com suas fontes (biomassa, carvão, petróleo) e seus conversores (fogo, animais, motores), organizou-se segundo limites materiais e possibilidades técnicas. Essa relação entre quantidade disponível e eficiência de uso define não só o volume de energia, mas, sobretudo, o quanto dela pode ser convertido em trabalho socialmente útil. Do curso natural dessa premissa, regimes energéticos, se assim se admite, distinguem-se pelo insumo que mobilizam e pelo arranjo histórico entre técnica e fluxo, moldando ritmos de vida e modos de produção.

Essa leitura, sob a maré de que assim seja, não se reduz a uma contabilidade de watts. É verdade que, como mostram Cook (1971) e LePoire (2015), o consumo energético per capita saltou de algumas centenas de watts em sociedades agrícolas para milhares com a queima de carvão e petróleo. Porém, esses números ganham sentido apenas quando articulados às formas de organização que viabilizaram e foram viabilizadas por tais transformações¹³. Busca-se outra direção, de modo claro, compreender como saltos na potência per capita abriram espaço para maior especialização, densidade institucional e diferenciação social, ao mesmo tempo em que concentraram espacialmente as fontes necessárias, tornando os sistemas mais produtivos, porém também mais instáveis.

¹³ Com o uso do fogo para aquecer e cozinhar, caçadores-coletores, segundo Cook (1971), podem ter consumido 120 watts per capita como alimento e mais 80 watts per capita para casa e comércio. Os primeiros agricultores teriam comido cerca de 160 watts per capita e usado mais 320 watts per capita para casa, comércio, agricultura e indústria como resultado da adição de força muscular animal. Com água e vento, a soma das taxas de conversão de uso dessas fontes de energia sugere que poderia ter havido aproximadamente 500 watts de energia consumida por pessoa no final do Renascimento. Com a Revolução Industrial, ao se queimar carvão em grande escala, os Estados Unidos atingiram em 1860 cerca de 3,5 quilowatts per capita e, na contemporaneidade, com petróleo, uma média de 15 quilowatts per capita, cerca de 150 vezes a energia ingerida diariamente como alimento, cita LePoire (2013; 2015).

1.1 ENERGIA E OS LIMITES DO CRESCIMENTO E DA ORGANIZAÇÃO SOCIAL

Dito na introdução dessa Parte I, esta seção concentra-se no primeiro dos objetivos específicos: formular o elo entre energia e organização social, partindo do princípio físico-termodinâmico que associa o aumento da complexidade ao afastamento do equilíbrio em sistemas abertos. A literatura especializada demonstra que tal relação, originalmente formulada na termodinâmica de não equilíbrio, pode ser transposta para o estudo das sociedades humanas, desde que adaptada às particularidades do fenômeno social. Assim, mobilizamos contribuições teóricas que já realizaram essa transposição, articulando três elementos, quer sejam, dos princípios físicos que vinculam fluxos energéticos à emergência de complexidade; dos mecanismos sociais que medeiam a conversão de energia em organização sociopolítica; e as dinâmicas históricas que materializam essa relação em diferentes contextos civilizacionais.

A segunda dimensão da formação desse elo reside na compreensão das organizações sociais como sistemas complexos, caracterizadas por múltiplos elementos interdependentes, interações não lineares e comportamentos emergentes que não podem ser reduzidos à soma de partes isoladas. Instituições, tecnologias, fluxos energéticos, normas sociais e dinâmicas econômicas desenvolvem uma rede, cuja coerência e funcionalidade aparecem da influência mútua contínua entre seus componentes. Em termos analíticos, faz-se necessário compreender as sociedades por meio desse instrumental a partir da qual se organizam os processos de transformação social, atravessada por pontos de instabilidade, transições súbitas e novas formas de organização que saem de interações múltiplas. Nesse quadro que propomos tomar a energia como variável de fase, isto é, o parâmetro a partir do qual se organizam e se transformam os regimes sociais, tal como em sistemas físicos cujo estado global depende do nível de energia mobilizado. Ou seja, atravessam limiares críticos, em que mudanças quantitativas acumuladas se convertem em transições qualitativas.

A crítica ao determinismo clássico se insere nesse contexto de forma metodológica. Os determinismos do século XIX pressupunham que equações precisas e conhecimento completo das condições iniciais permitiriam prever os desfechos de todos os processos. A esse respeito, é instrutivo lembrar da ambição de Pierre-Simon Laplace. Para ele, em meio a física clássica, se fosse possível conhecer todas as forças que atuam na natureza em dado instante e todas as posições de todas as partículas do universo, a reboque disso todo o futuro e todo o passado estariam contidos nesse conhecimento como uma equação de variáveis já determinadas,

bastando somente uma “*inteligência suficientemente grande*” para calculá-la¹⁴. A realidade da sociedade como sistema complexo demonstra a insuficiência dessa premissa: embora relações deterministas existam, suas interações e efeitos emergentes tornam impossível calcular ou antecipar resultados detalhados que, embora elegante, colide com a própria escala do mundo físico¹⁵.

Tal limitação do conhecimento absoluto é o que Parisi (2003) coloca da inevitável transição do mundo da certeza para o da probabilidade, movimento que tematizado por James Clerk Maxwell e Ludwig Boltzmann, ao tratarem dos gases não mais como objetos de um cálculo perfeito, por efeito disso, como populações caóticas que só podem ser descritas em termos estatísticos¹⁶. Ao caso de sistemas com muitos elementos e variáveis terem problemas com relações metodológicas determinísticas, ao longo do século XX, também se reconheceu que mesmo sistemas com poucos graus de liberdade, no dizer direto, com poucas variáveis, podem exibir comportamentos altamente imprevisíveis, porque a menor imprecisão no conhecimento do ponto de partida torna inútil qualquer pretensão de previsão exata a longo prazo. Como coloca Mitchell (2009, p. 19-20),

(...) a invenção dos computadores eletrônicos na década de 1940, o “em princípio” pode ter parecido mais próximo do “na prática”. No entanto, duas grandes descobertas do século XX mostraram que o sonho de Laplace de previsão completa não é possível,

¹⁴ Isso passou a ser conhecido como “Demônio de Laplace”, advindo dessa passagem em “*Essai philosophique sur les probabilités*” (1812): “Devemos considerar o estado presente do universo como efeito dos seus estados passados e como causa dos que se vão seguir. Suponha-se uma inteligência que pudesse conhecer todas as forças pelas quais a natureza é animada e o estado em um instante de todos os objetos - uma inteligência suficientemente grande que pudesse submeter todos esses dados à análise -, ela englobaria na mesma fórmula os movimentos dos maiores corpos do universo e também dos menores átomos: nada lhe seria incerto e o futuro, assim como o passado, estaria presente ante os seus olhos” (Laplace, 1990, p. 326)

¹⁵ No caso mais clássico, se fossemos contar a número de moléculas em um copo simples de água, mesmo se uma molécula fosse medida a cada segundo desde o início do universo, ainda faltariam quase vinte milhões de vezes para completar o registro. O cálculo decorre dos seguintes passos: Para entender essa ordem de grandeza, considera-se que a água pura possui densidade de aproximadamente 1 g/mL a 25 °C, de modo que 250 mL equivalem a 250 g. A massa molar da água, resultante da soma das massas atômicas do oxigênio e dos dois hidrogênios da molécula H₂O, é de 18 g/mol, portanto $250 \text{ g} \div 18 \text{ g/mol} \approx 13,9 \text{ mols}$. Cada mol contém cerca de $6,022 \times 10^{23}$ moléculas, conforme estabelecido pelo Número de Avogadro, que define a quantidade de partículas em um mol a partir de 12 g de carbono-12. Multiplicando 13,9 mols pelo Número de Avogadro, obtém-se aproximadamente $8,4 \times 10^{24}$ moléculas no copo de 250 mL (temos como resultado uma quantidade superior a oito sextilhões de moléculas em um único copo) Já o tempo cósmico de quase catorze bilhões de anos, convertido em segundos (anos $\times$ dias $\times$ horas $\times$ minutos $\times$ segundos), resulta em $4,35 \times 10^{17}$. Ou seja, o registro de cerca de $8,4 \times 10^{24}$ moléculas, o que implicaria, desde o Big Bang, a necessidade de anotar mais de dezenove milhões de moléculas por segundo sem interrupção. A disparidade é de $4,35 \times 10^{17}$ segundos transcorridos para que hoje pudéssemos dizer que conhecemos por completo esse volume mínimo de água.

¹⁶ Parisi (2003, p. 04-05) coloca que quando estudamos esse fenômeno do ponto de vista microscópico, enfrentamos um problema de que, seguindo o determinismo, seria medir as posições e as velocidades de todos os bilhões de bilhões de átomos e mais tarde usar essas informações para calcular as trajetórias de todos os átomos. No entanto, essa dificuldade foi contornada ao descobrir que, para um sistema composto por muitas partículas, praticamente todas as condições iniciais (com energia total fixa) levam ao mesmo comportamento macroscópico do sistema. Assim, “At the time of Boltzmann and Gibbs, the main motivation for leaving the Newton-Laplace point of view was not that it was wrong, but that it was useless in many cases”

mesmo em princípio. Uma descoberta foi o "princípio da incerteza" de Werner Heisenberg de 1927 na mecânica quântica, que afirma que não se pode medir os valores exatos da posição e do momento (massa vezes velocidade) de uma partícula ao mesmo tempo. Quanto mais certo se tem sobre onde uma partícula está localizada em um determinado momento, menos se pode saber sobre seu momento e vice-versa. No entanto, os efeitos do princípio de Heisenberg existem apenas no mundo quântico de partículas minúsculas, e a maioria das pessoas o via como uma curiosidade interessante, mas não uma que teria muita implicação para a previsão em uma escala maior - prever o clima, digamos. Foi a compreensão do caos que acabou por acabar com a esperança de uma previsão perfeita de todos os sistemas complexos, quânticos ou não. A ideia definidora do caos é que existem alguns sistemas - sistemas caóticos - nos quais mesmos incertezas minúsculas nas medições da posição inicial e do momento podem resultar em enormes erros nas previsões de longo prazo dessas quantidades. Isso é conhecido como "dependência sensível das condições iniciais"¹⁷.

Em tais sistemas caóticos, torna-se possível identificar atratores estatísticos, padrões gerais de comportamento no espaço de fases, em lugar de determinar trajetórias exatas. Em vez de perguntar o que exatamente vai acontecer, pergunta-se quais padrões tendem a emergir sob certas condições para entender sistemas onde o determinismo está presente, mas a previsibilidade simples não é a ferramenta adequada. A ciência da complexidade nasce por exato dessa virada, bem como dela, situamos nossa análise dos regimes energéticos. Compre ressaltar, entretanto, que a crítica é metodológica, não ontológica. O determinismo é problematizado como expressão das limitações do pensamento científico do século XIX, pois, embora existam determinações nas relações, estas se mostram, na maior parte das vezes, impossíveis de processar ou acessíveis apenas de modo parcial, já que nosso conhecimento permanece estruturalmente limitado, o que torna seu comportamento efetivamente imprevisível. Ele existe inclusive no caos¹⁸, que traduzindo do ponto de vista operacional, um sistema pode ser perfeitamente determinista em suas equações e, ao mesmo tempo, imprevisível na prática.

¹⁷ With the invention of electronic computers in the 1940s, the "in principle" might have seemed closer to "in practice." However, two major discoveries of the twentieth century showed that Laplace's dream of complete prediction is not possible, even in principle. One discovery was Werner Heisenberg's 1927 "uncertainty principle" in quantum mechanics, which states that one cannot measure the exact values of the position and the momentum (mass times velocity) of a particle at the same time. The more certain one is about where a particle is located at a given time, the less one can know about its momentum, and vice versa. However, effects of Heisenberg's principle exist only in the quantum world of tiny particles, and most people viewed it as an interesting curiosity, but not one that would have much implication for prediction at a larger scale—predicting the weather, say. It was the understanding of chaos that eventually laid to rest the hope of perfect prediction of all complex systems, quantum or otherwise. The defining idea of chaos is that there are some systems—chaotic systems—in which even minuscule uncertainties in measurements of initial position and momentum can result in huge errors in long-term predictions of these quantities. This is known as "sensitive dependence on initial conditions."

¹⁸ Como observa Mitchell (2009, p. 38), "seemingly random behavior can emerge from deterministic systems, with no external source of randomness." Ela ressaltar que o comportamento de alguns sistemas determinísticos simples pode ser "impossible, even in principle, to predict in the long term, due to sensitive dependence on initial conditions." Embora o comportamento detalhado de um sistema caótico não possa ser previsto, há "some 'order in chaos' seen in universal properties common to large sets of chaotic systems, such as the period-doubling route to chaos and Feigenbaum's constant," de modo que certos aspectos de maior nível desses sistemas permanecem previsíveis.

Conceptualmente, isso alude que nosso objetivo nesta Parte I não consiste em explicar a história como se obedecesse a uma lei termodinâmica rígida, é de ver-se que a energia disponível de uma sociedade atua como condição que restringe o campo de possibilidades. Sob o filtro conceitual, entre as economias orgânicas e fósseis, queremos buscar, em última instância, os conjuntos possíveis de organização social que podiam emergir sob essas diferentes disponibilidades energéticas, que mais adiante, também por inserida nesse arranjo, a complexidade deixar de ser exclusivamente uma característica interna. Ela passar a ser mediada por essa rede global, permitindo, paradoxalmente, que níveis mais elevados de complexidade local emergissem justamente porque ancorados em uma rede internacional que redistribui capacidades, suprimentos e decisões.

Esse vocabulário, que inclui transições de fase e bifurcações, traduz-se em chave para pensar a história social em sua lógica de não linearidade. Ao invés de imaginar que seria possível prever, a partir de condições iniciais, o destino de uma sociedade, o que se torna relevante é compreender os padrões de estabilidade relativa, os limiares de ruptura e as trajetórias múltiplas possíveis em cada regime histórico. Na perspectiva aplicada, tal abordagem pode ser iluminada por exemplos extraídos da matemática não linear. O mapa logístico, por exemplo, exprime em sua simplicidade a passagem de dinâmicas estáveis para comportamentos caóticos, conforme um parâmetro de crescimento ultrapassa determinados limiares. Essa formalização nos serve menos pela precisão numérica do que pela imagem conceitual: sociedades, como populações em crescimento ou sistemas energéticos em expansão, atravessam estados nos quais pequenas alterações nos fluxos geram consequências amplificadas, reorganizando o todo em escalas inesperadas¹⁹.

¹⁹ Vale ilustrar: Suponhamos, pois, uma vila composta por 100 habitantes. O processo de crescimento pode parecer simples e linear. A cada ano, nascem 10 crianças e, como a maioria dos adultos ainda é jovem, poucas pessoas morrem, digamos, apenas 2. Isso significa que, no próximo ano, a população seria de 108. No outro ano, seguiria crescendo: 116, depois 124, e nessa toada por diante. Se continuarmos nessa lógica linear, poderíamos contar que, em 50 anos, essa vila teria 600 habitantes. Mas a realidade não funciona assim. A terra disponível para cultivo não aumenta com o número de bocas a alimentar. A água limpa exige percursos mais longos, a lenha já não está tão próxima e a caça rareia. Com isso, os custos de reprodução da própria vida se elevam, e os ganhos demográficos cedem lugar a perdas como doenças, desnutrição e conflitos. A população que antes parecia expandir sem barreiras agora se estabiliza em torno de um certo número, digamos, 500 habitantes. Esse é o ponto onde a lógica linear se quebra. Seria esse um freio, bem como, uma transição de fase que, ao ultrapassar seus limiares energéticos, reconfiguram-se abruptamente. A complexidade acumulada colapsa e um novo patamar de estabilidade, inferior ou distinto, impõe-se. Nesse ponto que fundeamos nossa análise. Queremos compreender como a energia, tanto em quantidade quanto em densidade, age como variável de fase nas trajetórias civilizacionais. Quando há abundância e velocidade na conversão energética, mais saltos são possíveis. Quando essa capacidade encontra seus limites, espaciais, técnicos, políticos, é o próprio edifício social que se transforma. Ao caso, seria se, em um determinado momento, a vila descobrisse uma nova técnica agrícola que dobra a produção de alimentos, capacidade de suporte aumenta. A população que antes estava estável em 500 pode crescer para 800 ou até 1.000. Primeiro, há um salto de que a mortalidade diminui, as famílias crescem e, por algumas décadas, a vila entra em um novo ritmo acelerado de expansão.

Para efeito de clareza, que não segue propriedades da superposição, a soma de duas soluções não é necessariamente outra solução. Se formos representar como modelo, essa dinâmica segue uma equação logística, a muito já conhecida como a equação de Pearl-Verhulst (1845)²⁰

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K}\right)$$

Onde:

N é o tamanho da população no tempo t ;

r é a taxa de crescimento intrínseco da população (sem limitações);

K é a capacidade de suporte do ambiente, ou seja, o tamanho máximo que a população pode atingir de forma sustentável.

No início, quando a população (N) é muito menor que a capacidade de suporte (K), o termo de freio logístico fica próximo de 1, permitindo um crescimento quase exponencial, regido principalmente pela taxa (r). À medida que a população aumenta, o termo reduz gradualmente a velocidade de expansão, até que, quando a população se iguala à capacidade de suporte, o crescimento para completamente. Nesse equilíbrio, os nascimentos e mortes se compensam, mantendo a população estável em K . Dois cenários de equilíbrio surgem: se a população for zero, o sistema entra em colapso (equilíbrio instável); mas se a população se estabiliza em K , o sistema persiste de forma sustentável (equilíbrio estável)²¹. A nova capacidade de suporte também tem seus limites, e a população novamente encontra um ponto de equilíbrio, ou, se novas soluções forem descobertas, dá outro salto²².

²⁰ De acordo com Kot (2001, p. 10-11), os conceitos de crescimento exponencial e logístico se desenvolveram gradualmente com a contribuição de vários estudiosos. John Graunt (1662) introduziu a demografia científica moderna, estimando um tempo de duplicação populacional de 64 anos. Sir William Petty (1683) propôs um tempo de duplicação mais longo para a Inglaterra e sugeriu que o crescimento humano havia diminuído ao longo do tempo. Thomas Malthus (1798) popularizou a ideia de um crescimento limitado, influenciando Darwin e Wallace. Pierre-François Verhulst (1845) formulou a equação logística moderna, e Raymond Pearl e Lowell Reed (1920) redescobriram e divulgaram amplamente esse modelo, embora com algumas extrapolações questionáveis.

²¹ De acordo com Kot (2001), dois grandes modelos de pensamento sobre regulação populacional se destacam, sejam fatores bióticos que enfatiza que a regulação dependente da densidade como competição e doenças ou fatores abióticos, como mudanças climáticas, sendo independentes da densidade populacional. A todo modo, menos energia disponível significa menor capacidade de prover infraestrutura, resultando em mais doenças e vulnerabilidades sociais, enquanto no contexto climático, choques energéticos afetam diretamente a agricultura, reduzindo a produção de alimentos e exacerbando a insegurança alimentar e de suporte da civilização

²² Visualmente, essa dinâmica pode ser representada por uma parábola, onde cada "salto" corresponde à transição de uma geração para a próxima. Se começamos com uma população pequena (digamos, 20% da capacidade máxima), o primeiro salto a leva para um valor maior (como 32%), pois há espaço para crescer. O próximo salto, porém, já é menor (por exemplo, para 43%), pois o freio da competição começa a agir. Esse processo se repete até que a população se estabiliza em um valor específico (como 50%), sendo o atrator. Esse é o ponto em que o sistema para de mudar: qualquer população inicial próxima a ele será "puxada" de volta, como um equilíbrio natural.

Pode-se debater, como é comum, sobre a relação causal entre diferentes fatores, conforme exemplificado pelas teorias malthusiana e boserupiana. A teoria malthusiana considera a tecnologia como um impulsionador do crescimento populacional, com a escassez de recursos atuando como um freio inevitável. Em contraste, a teoria boserupiana propõe uma inter-relação bidirecional, na qual o crescimento populacional amiúde causa e impulsiona mudanças tecnológicas, particularmente na produção de alimentos. No âmagô, argumenta que o crescimento e a densidade populacional são forças motrizes para a inovação e adoção tecnológica, permitindo a superação de limitações e o desenvolvimento de infraestruturas que, por sua vez, fazem o ambiente suportar um número de população cada vez maior.

Embora este seja o ponto de partida, a proposta que orienta esta dissertação consiste em compreender que a capacidade de suporte não corresponde a um teto fixo, mas a uma fronteira móvel, definida pelo fluxo de energia que uma sociedade é capaz de absorver, converter e reorganizar para sustentar sua arquitetura institucional e produtiva frente à dissipação. Esse limite, historicamente condicionado por rendimentos decrescentes e pela disponibilidade local, foi expandido com a Revolução dos fósseis e, mais pouco tempo antes, deslocado pelo comércio em escala ampliada, que instaura novos atratores sistêmicos. A seguir, aprofundaremos essa relação entre energia e organização social examinando como o suporte populacional se articula com o fluxo energético, destacando que tais transformações quantitativas não se reduzem a meros ajustes lineares, mas sugerem reconfigurações qualitativas. Para tanto, torna-se necessário apelar ao instrumental dos sistemas complexos e à termodinâmica de não equilíbrio, pois é nesse enquadramento que se compreende como mudanças graduais em variáveis materiais podem deflagrar transições abruptas e inaugurar novas formas de organização social.

1.1.1 Saltos de Complexidade Social e Dissipação Energética

Weaver (1948) dividiu o campo da investigação científica em três categorias para definir a complexidade, situando-a entre dois extremos: de um lado, os problemas da simplicidade, nos quais poucas variáveis interagem de forma previsível, e de outro, a complexidade desordenada, em que muitos elementos podem ser tratados estatisticamente sem necessidade de compreender cada um individualmente. A ciência tradicional obteve grande sucesso tanto ao lidar com sistemas de poucas variáveis fortemente acopladas, como corpos rígidos na mecânica clássica, quanto com sistemas caóticos de muitos elementos independentes, como os gases na termodinâmica estatística.

De viés oposto, o que se explora pouco, segundo o autor, é o intervalo entre esses polos, onde reside a maioria dos sistemas reais e onde a previsibilidade não surge nem de leis

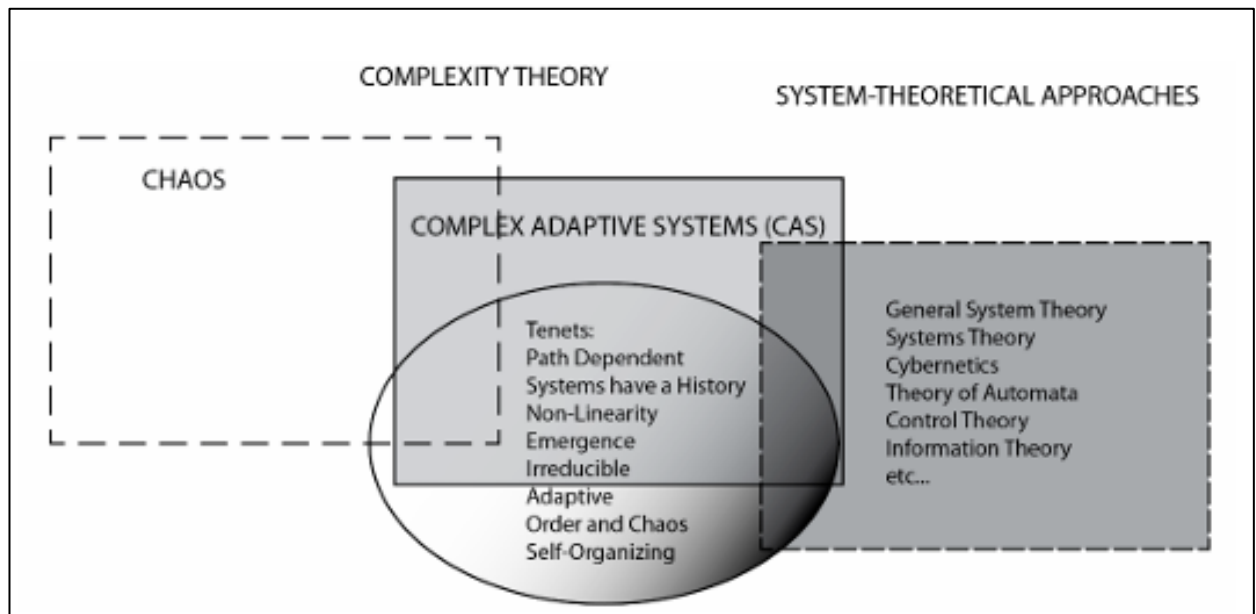
determinísticas simples, nem da média estatística de um grande conjunto de eventos independentes. Essa zona intermediária, que Weaver chamou de complexidade organizada, caracteriza-se por um número significativo de variáveis interligadas de maneira não aleatória, formando padrões emergentes.

Esse novo método de lidar com a complexidade desorganizada, um avanço tão poderoso sobre os métodos anteriores de duas variáveis, deixa um grande campo intocado. Fica-se tentado a simplificar demais e dizer que a metodologia científica foi de um extremo ao outro de duas variáveis para um número astronômico e deixou intocada uma grande região intermediária. A importância dessa região média, aliás, não depende primariamente do fato de que o número de variáveis envolvidas é moderado? grande em comparação com dois, mas pequeno em comparação com o número de átomos em uma pitada de sal. Os problemas nessa região intermediária, de fato, geralmente envolvem um número considerável de variáveis. A característica realmente importante dos problemas desta região intermédia, que a ciência ainda pouco explorou ou venceu, reside no facto de estes problemas, em contraste com as situações desorganizadas com que as estatísticas podem lidar, mostrarem a característica essencial da organização. De fato, pode-se referir a esse grupo de problemas como aqueles de complexidade organizada ²³ (Weaver, 1948, p. 549)

Ao caso, enquanto a simplicidade repousa na linearidade previsível, na transparência causal e na ausência de interdependências sutis, a complexidade seria a multiplicidade de variáveis, a emergência de padrões inesperados e a coalescência de elementos dinâmicos cujas relações são, ao mesmo tempo, estruturantes e mutáveis. Quer dizer, sistemas complexos não se satisfazem com a diversidade como adorno, exigem-na como fôlego que os mantém; e tampouco se restringem a colar partes díspares, arranjam-nas reciprocamente condicionantes. Turner e Baker (2019) condensam isso no quadro da figura 1 abaixo, dado pelo meio termo do caos e dos sistemas, em uma linha de continuidade entre a teoria dos sistemas, os sistemas adaptativos complexos e a teoria da complexidade, traçando um eixo que vai da ordem ao caos, no qual cada abordagem ocupa uma posição particular, constituindo um contínuo que não elimina as zonas de sobreposição e intersecção conceitual.

²³ This new method of dealing with disorganized complexity, so power ful an advance over the earlier two-variable methods, leaves a great field untouched. One is tempted to oversimplify and say that scientific methodology went from one extreme to the oother? fromtwo variables to an astronomical number?and left untouched a great middle region. The importance of this middle region, moreover, does not depend pri marily on the fact that the number of variables involved is moderate? large compared to two, but small compared to the number of atoms in a pinch of salt. The problems in this middle region, in fact, will often in volve a considerable number of variables. The really important char acteristic of the problems of this middle region, which science has as yet little explored or conquered, lies in the fact that these problems, as con trasted with the disorganized situations with which statistics can cope, show the essential feature of organization. In fact, one can refer to this group of problems as those of organized complexity.

Figura 1 - Quadro explicativo das abordagens caóticas, de sistemas e de sistemas complexos



Fonte: Turner; Baker, 2019, p. 14.

Segundo os autores, a Teoria Geral dos Sistemas, inicialmente considerada como uma teoria abrangente para a complexidade, foi posteriormente vista como insuficiente para explicar aspectos-chave da Teoria da Complexidade, como a dinâmica não linear, o caos e a adaptação. Com isso, junto a, Goldstein et al. (2010) argumentam que, na verdade, a Teoria da Complexidade deve ser entendida como uma nova ciência, separada da Teoria Geral dos Sistemas, com a qual ainda compartilha alguns pontos de contato, à maneira que também apresenta distinções importantes, como de outras teorias relacionadas, como a teoria dos sistemas, a cibernética e a teoria dos autômatos. Onde, a aplicação dos princípios dos Sistemas Complexos Adaptativos oferece novas possibilidades de análise, como as noções de dependência de caminho, a história, a não linearidade, a emergência, a irreducibilidade e a adaptabilidade.

Em sua conformação, além da distinção, Turner e Baker (2019), assim o fazem, na intenção de colocar luz em como a complexidade seria especialmente relevante no campo das ciências sociais, enquanto a sociedade, vista como um sistema complexo adaptativo devido à sua capacidade de evoluir e se reorganizar em resposta a mudanças internas e externas. No seio, os elementos do sistema (indivíduos, grupos, instituições) interagem de forma não linear e o efeito de uma ação não é proporcional à sua causa e possuem propriedades emergentes, para ser exato, padrões de organização que surgem espontaneamente a partir dessas interações, sem

a necessidade de uma direção centralizada. A coisa que chamamos de sociedade não é um agregado de indivíduos, porém, uma contextura de interações que os redefine continuamente, habitando uma zona liminar onde as forças centrífugas da diferenciação e as centrípetas da interdependência.

Pelo viés, as abordagens empíricas da arqueologia e da antropologia tentam definir, conforme descrito na Enciclopédia de Arqueologia (2008), que essas sociedades se caracterizam por *"mobilidade residencial reduzida, produção econômica intensificada, algum grau de especialização do trabalho, presença de cargos e títulos hierárquicos, liderança institucionalizada e diferenças de status hereditário; esses aspectos tendem a ser integrados regionalmente em graus variados"*²⁴ (Covey, 2008, p. 1843). No rastro de que múltiplos critérios possam ser empregados para caracterizar esse tipo de formação social, os debates em torno de sua emergência seguem igualmente diversos. Como sintetizam Chacon e Mendoza (2017, p. 2), ao abrirem seu manual, as explicações disponíveis para os saltos históricos rumo à complexidade social abrangem desde fatores ecológicos, como circunscrição ambiental, mudanças climáticas e escassez de recursos, até fatores políticos e culturais, como liderança em tempos de guerra, competição por prestígio, monopólios comerciais:

As teorias e abordagens existentes envolvendo as origens da complexidade social incluem circunscrição ambiental, crescimento populacional, transferências de tecnologia, competição de grupos interpessoais e baseada em prestígio, civilizações hidráulicas, conflito organizado, liderança perene em tempo de guerra, interação entre pares e política, finanças de riqueza, ciclo dinâmico, processualismo dual, liderança oportunista, perturbação ambiental, mudança climatológica, monopólios de transporte e comércio, circunscrição de recursos, excedente e redistribuição, imperialismo ideológico, cultos à crise, dinâmica de linhagem de status e a consideração da agência individual²⁵.

Tanto quão, seguindo a abordagem de Tainter (1988), algumas estão ligadas a gestão de recursos e integração social, como a construção de grandes obras e o controle de informações, que exigem governos centralizados e sistemas de redistribuição; nos conflitos internos, onde o Estado surge para proteger privilégios de grupos dominantes e os conflitos externos, como guerras em ambientes restritos que demandam instituições para administrar conquistas e estabilizar lideranças. Ou que a complexidade resulta de processos interligados, como a

²⁴ Complex societies are characterized by reduced residential mobility, intensified economic production, some degree of labor specialization, the presence of hierarchical posts and titles, institutionalized leadership, and hereditary status differences; these features tend to be integrated regionally to varying degrees.

²⁵ Existing theories and approaches involving the origins of social complexity include environmental circumscription, population growth, technology transfers, prestige-based and interpersonal-group competition, hydraulic civilizations, organized conflict, perennial wartime leadership, peer-polity interaction, wealth finance, dynamic cycling, dual processualism, opportunistic leadership, environmental perturbation, climatological change, transport and trade monopolies, resource circumscription, surplus and redistribution, ideological imperialism, crisis cults, status lineage dynamics, and the consideration of individual agency

influência da agricultura e da produção artesanal na organização social. A tabela a seguir apresenta as interpretações do surgimento da complexidade social.

Tabela 2 - Emergência da Complexidade Social e seus Mecanismos

	Mecanismo Social	Autores
Gerencial	O surgimento de hierarquias administrativas permite a coordenação eficiente de recursos, grandes obras e sistemas produtivos.	Wittfogel (1955, 1957); Wright (1969); Johnson (1973, 1978); Isbell (1978); Rathje (1971)
Conflito Interno	O Estado emerge para preservar privilégios de grupos dominantes e estruturar relações de poder.	Fried (1967); Childe (1951)
Conflito Externo	Guerras e disputas territoriais exigem instituições centralizadas para administrar conquistas e estabilizar poder.	Carneiro (1970); Webster (1975)
Sintético	A complexidade surge da interação entre fatores como agricultura, comércio e organização social.	Renfrew (1972)

Fonte: Elaboração própria com base em Tainter (1988)

Por exemplo, de acordo com Rathje (1971), no contexto do comércio, o desenvolvimento da civilização maia clássica nas terras baixas pode ser explicado por meio dos mecanismos envolvidos. Esse caso exemplifica uma fração de uma literatura dedicada à complexidade social por meio do comércio e da gestão hierárquica que a atenção se concentra sobre estruturas formais e fluxos organizacionais. Ao priorizar tais dimensões, entretanto, permanece pouco explorada a base energética que sustenta e condiciona a própria densidade dessas estruturas. Uma vez que, como discutimos anteriormente, sociedades humanas se transformam pela capacidade de manejar fluxos de energia e de organizá-los em sistemas cada vez mais densos, o comércio pode ser compreendido não somente como mecanismo de coordenação administrativa, entretanto, sobretudo, como vetor de energia incorporada que atravessa territórios. Essa forma admite abranger que a redução localizada da entropia estar amarrada, também, em prolongar a viabilidade de sistemas que já saturaram seus recursos imediatos.

Dentro dessa lógica, choques externos e constrangimentos internos funcionam como catalisadores de reorganizações, de tal modo que ferramentas analíticas capazes de dar conta de bifurcações, transições de fase e reconfigurações abruptas oferecem maior clareza para

compreender como a ordem social se reestabelece em níveis superiores de complexidade. Daí decorre a relevância de recorrer à ciência da complexidade e à termodinâmica de não equilíbrio, cujos conceitos fornecem uma gramática intelectual apta a iluminar tais movimentos. Nos trechos seguintes, esses referenciais serão mobilizados para explicitar os mecanismos em jogo, sustentando a proposta aqui avançada: a de que energia e organização social são dimensões indissociáveis, e que a complexidade deve ser lida como efeito material dos fluxos energéticos e das pressões adaptativas, em vez de ser reduzida a um constructo meramente administrativo.

1.1.1.1 Entropia e Transições de Fase

No início dessa seção dissemos do “Demônio de Laplace” e a transição, em suas limitações metodológicas, da física determinística newtoniana para a física probabilística da termodinâmica. Dela, no entanto, insurge outro “demônio” no paradoxo proposto por Maxwell em 1860 como um experimento mental para desafiar a segunda lei da termodinâmica (que afirma que a entropia de um sistema isolado sempre aumenta). Um “ser inteligente” (o demônio) controla uma porta entre duas câmaras de gás, separando moléculas rápidas (quentes) e lentas (frias). Com o tempo, isso reduz a entropia do sistema (aumentando a ordem), aparentemente violando a segunda lei. O resultado seria um sistema mais ordenado, com entropia reduzida, o oposto do esperado pela termodinâmica clássica. O paradoxo permaneceu sem solução até que Szilard (1929) propôs a resposta de que medir as moléculas consome energia. O demônio precisa adquirir informação (velocidade das partículas) para decidir quando abrir/fechar a porta. Esse processo de “medição” gera entropia (dissipação de energia), compensando a redução de entropia no gás:

Um sistema no qual tais medições ocorrem mostra uma espécie de faculdade de memória, no sentido de que se pode reconhecer pelo parâmetro de estado tinha em um momento anterior, e veremos que simplesmente por causa de tal memória a Segunda Lei seria violada, se a medição pudesse ocorrer sem compensação. Perceberemos que a Segunda Lei não é tão ameaçada por essa diminuição da entropia quanto se poderia pensar, assim que vimos que a diminuição da entropia resultante da intervenção seria completamente compensada em qualquer caso se a execução de tal medição fosse, por exemplo, sempre acompanhada pela produção de $k \log_2$ unidades de entropia. Nesse caso, será possível encontrar uma lei de entropia mais geral, que se aplica universalmente a todas as medições. Finalmente, consideraremos um dispositivo muito simples (é claro, não vivo), que é capaz de fazer medições continuamente e cujos “fenômenos biológicos” podemos facilmente seguir. Por cálculo direto, encontra-se de fato uma produção contínua de entropia da magnitude exigida pela lei de entropia mais geral acima mencionada, derivada da validade da Segunda Lei²⁶. (Szilard [1929], 1964, p. 302-303)

²⁶ A system in which such measurements occur shows a sort of memory faculty, in the sense that one can recognize by the state parameter what value another state parameter z had at an earlier moment, and we shall see that simply because of such a memory the Second Law would be violated, if the measurement could take place without compensation. We shall realize that the Second Law is not threatened as much by this entropy decrease as one

A fim de que a Segunda Lei permaneça válida, esta quantidade de entropia, gerada pela medição, deve ser maior que a diminuição de entropia, que é produzida pela utilização da medição, como compensação termodinâmica da informação²⁷. Isso gravita, à contraluz, pela entropia de Boltzmann que, generalizada, mede o número de microestados compatíveis com um dado macroestado. O microestado é a configuração específica do sistema, bem como, o macroestado é a descrição global, como a temperatura de um gás frente o comportamento estatístico de partículas microscópicas (átomos, moléculas). A conclusão, estatisticamente, é que o sistema evolui espontaneamente para o macroestado com maior número de microestados, de maior entropia²⁸. Com base nisso, Claude Shannon (1948) adaptou-a para quantificar informação, tratando-a como uma medida de incerteza²⁹ em que sistemas com alta entropia seriam aqueles com muitas mensagens equiprováveis:

A definição de conteúdo de informação de Shannon era quase idêntica à definição mais geral de entropia de Boltzmann. Em seu artigo clássico de 1948, Shannon definiu o conteúdo da informação em termos da entropia da fonte da mensagem. (Essa noção de entropia é freqüentemente chamada de entropia de Shannon para distingui-la da definição relacionada de entropia dada por Boltzmann.) As pessoas às vezes caracterizam a definição de conteúdo de informação de Shannon como a "quantidade média de surpresa" que um receptor experimenta ao receber uma mensagem, na qual "surpresa" significa algo como o "grau de incerteza" que o receptor tinha sobre o que a fonte enviaria em seguida³⁰ (Mitchell, 2009, p. 54)

A todo modo, o ponto é que a informação funciona como uma descrição condensada da ordem e do comportamento de sistemas que se afastam do equilíbrio. Sua existência prática depende do acesso contínuo à energia, pois há sempre trabalho físico envolvido ao processá-la,

would think, as soon as we see that the entropy decrease resulting from the intervention would be compensated completely in any event if the execution of such a measurement were, for instance, always accompanied by production of $k \log 2$ units of entropy. In that case it will be possible to find a more general entropy law, which applies universally to all measurements. Finally we shall consider a very simple (of course, not living) device, that is able to make measurements continually and whose "biological phenomena" we can easily follow. By direct calculation, one finds in fact a continual entropy production of the magnitude required by the abovementioned more general entropy law derived from the validity of the Second Law

²⁷ No formalismo, é "We ask, in particular, for which w_1 and w_2 and given S values the expression becomes a minimum. [...] Under the above constraint, the minimum occurs when the following equation holds: $e^{-S_1/k} + e^{-S_2/k} \leq 1$. This equation must be universally valid, if thermodynamics is not to be violated."

²⁸ Matematicamente, isso é dado por: $S = k \ln W$ Em que, S = entropia, k = constante de Boltzmann, W = número de microestados, onde quanto maior W , mais desordenado, provável por assim dizer, é o macroestado

²⁹ Bits são a quantidade mínima de informação para distinguir entre alternativas: $H = - \sum_i p_i \log_2 p_i$ Onde p_i é a probabilidade da mensagem i . Por exemplo, moeda enviesada (cara = 0.6, coroa = 0.4), tem $H = -(0.6 \log_2 0.6 + 0.4 \log_2 0.4) \approx 0.971$ bits. A entropia é menor que 1 bit porque o sistema é mais previsível, menor que menor que 1 bit, do que deveria ser a moeda equilibrada: $H = \log_2 2 = 1$ bit

³⁰ Shannon's definition of information content was nearly identical to Boltzmann's more general definition of entropy. In his classic 1948 paper, Shannon defined the information content in terms of the entropy of the message source. (This notion of entropy is often called Shannon entropy to distinguish it from the related definition of entropy given by Boltzmann.) People have sometimes characterized Shannon's definition of information content as the "average amount of surprise" a receiver experiences on receiving a message, in which "surprise" means something like the "degree of uncertainty" the receiver had about what the source would send next.

ao transmiti-la, ao armazená-la. Isso recoloca a energia, com naturalidade e força, no centro do argumento. Ao estender esse raciocínio em outra escala, é possível reencontrar na gênese das sociedades sedentárias. O salto civilizacional consistiu justamente em organizar o excedente agrícola. Nesse contexto, a energia incorporada aos grãos estocados passou a exigir uma nova camada de gestão, e seu canal informacional por excelência, a escrita. Em outras palavras, toda essa infraestrutura de organização social só se contornaria viável à medida que há energia suficiente para sustentar o aparato informacional crescente³¹.

Como Tainter (1988) argumenta, a complexidade social exige um fluxo crescente de energia apenas para se manter e ainda mais para expandir. Quando uma sociedade adota estruturas hierárquicas para administrar crises (como escassez agrícola), ela não aumenta a produtividade real por pessoa, apenas redistribui recursos a custos mais altos. O que chamamos de 'rendimentos decrescentes' significa que, a cada nova camada de complexidade, é necessário investir mais energia para obter o mesmo resultado básico:

(...) se a complexidade aumentada é adotada devido à necessidade de administração hierárquica da, digamos, produção agrícola, os resultados provavelmente se resumem à provisão de no máximo o nível de subsistência básico para a população que a recebe. Isso provavelmente seria em média em torno de 2000 calorias por pessoa por dia. Agora, essa mesma população, em um momento anterior de sua história, provavelmente conseguia fornecer a si mesma essas mesmas 2000 calorias sem o custo de uma hierarquia administrativa. Por qualquer motivo - seja pelo crescimento populacional, deterioração do solo ou flutuação climática - a população posteriormente vem a exigir o desenvolvimento de uma hierarquia para reverter uma tendência de queda na produção agrícola. Quando isso ocorre, o rendimento de subsistência per capita pode ser retornado ao nível básico, mas agora isso é alcançado a um custo consideravelmente maior. A produtividade marginal do sistema administrativo-agricultural interligado diminuiu. Soluções organizacionais tendem a ser cumulativas. Uma vez desenvolvidas, características sociais complexas raramente são abandonadas. As taxas de impostos aumentam com mais frequência do que diminuem. As necessidades de processamento de informações tendem a se mover apenas em uma direção. O número de especialistas normalmente não diminui. Exércitos permanentes raramente ficam menores. Os custos de bem-estar e de legitimização não devem diminuir. Um estoque cada vez maior de arquitetura monumental requer manutenção. A compensação das elites raramente diminui. O que isso significa é que, quando há crescimento em complexidade, tende a ser exponencial, sempre aumentando por alguma fração de um tamanho já inflacionado³². (Tainter, 1988, p. 115-116)

³¹ A despeito da crítica de precisa-se de outros tipos de informação, seja ela causal, em como o passado influencia o futuro (sistemas dinâmicos) e informação arquitetural porque sistemas sociais ou físicos codificam informação sobre comportamentos passados, como coloca Crutchfield et al (2011).

³² if increased complexity is undertaken because of a need for hierarchical administration of, say, agricultural production, the results are likely to be the provision of no more than the base subsistence level for the population so served. This would probably average around 2000 calories per person per day. Now this same population, at a previous point in their history, were probably able to provide themselves with these same 2000 calories without the cost of an administrative hierarchy. For whatever reason - whether population growth, soil deterioration, or climatic fluctuation - the population later comes to require the development of a hierarchy to reverse a trend of declining agricultural output. When this occurs, the per capita subsistence yield may be returned to the base level, yet now this is accomplished at considerably greater cost. The marginal productivity of the interlinked

Em sua essência, é uma relação autointensificante de que sociedades se tornam complexas com um fluxo energético elevado e, essa intensificação, traz em si sua própria cobrança, de modo que, uma vez complexas, demandam ainda mais energia para se manterem. A complexidade exige mais energia para sustentar populações maiores densamente e essas mesmas populações, por sua vez, demandam sistemas ainda mais complexos para gerenciar os recursos necessários que gasta parte da energia que deveria resolver o problema original, obrigando o sistema a buscar ainda mais recursos.

Como mostra Tainter (1988), diversas análises aplicadas a diferentes contextos revelam uma relação diretamente proporcional entre complexidade social e a disponibilidade de energia. Essa relação se expressa tanto na possibilidade de crescimento populacional quanto no aumento da densidade das sociedades. Ambos os processos estão vinculados à capacidade de explorar recursos mais abundantes e produtivos ou mantendo-se à tona à intensificação de práticas agropastoris, tornadas mais eficientes por avanços tecnológicos e pela ampliação da infraestrutura:

O aumento da complexidade tem sido associado à redução da mobilidade residencial, ao aumento do tamanho e da densidade da população e à maior produção de energia per capita. Maior tamanho e densidade populacional podem ser obtidos por maior disponibilidade de recursos (energia), o que é possibilitado pela exploração intensiva de manchas altamente produtivas de recursos selvagens (especialmente recursos marinhos), a intensificação da produção agropastoril (por meio de infraestrutura aprimorada, tecnologia, programação e manipulação genética de domesticados) ou uma combinação de alimentos silvestres e produzidos³³. (Covey, 2008, p. 1846-47)

Coloca Carneiro (1970), por exemplo, que o Estado surge como sequela de pressões ecológicas, demográficas e territoriais que, ao limitarem as opções de fuga dos vencidos em contextos de guerra, forçam a subordinação política e desencadeiam a formação de unidades políticas maiores. Em contextos em que há terra agriculturável disponível e dispersa (Amazônia), os conflitos não derivam em subordinação, traduzem-se em dispersão e reocupação de novos territórios, mantendo a autonomia dos grupos. Já em regiões

administrative-agricultural system has declined. Organizational solutions tend to be cumulative. Once developed, complex social features are rarely dropped. Tax rates go up more often than they go down. Information processing needs tend to move in only one direction. Numbers of specialists ordinarily don't decline. Standing armies rarely get smaller. Welfare and legitimizing costs are not likely to drop. An ever increasing stock of monumental architecture requires maintenance. Compensation of elites rarely goes down. What this means is that when there is growth in complexity it tends to be exponential, always increasing by some fraction of an already inflated size

³³ The rise of complexity has been linked to reduced residential mobility, increases in the size and density of population, and higher per capita energy production. Higher population size and density may be obtained by greater resource (energy) availability, which is made possible by the intensive exploitation of highly productive patches of wild resources (especially marine resources), the intensification of agropastoral production (through improved infrastructure, technology, scheduling, and genetic manipulation of domesticates), or a combination of wild and produced foods.

ecologicamente circunscritas (vales costeiros do Peru), o crescimento populacional esgota as áreas cultiváveis. Como a guerra acontece, os vencidos não têm para onde fugir e são forçados a se submeter, pagar tributos ou ser incorporados, o que leva à integração política vertical:

(...) procurar aqueles fatores comuns a áreas do mundo em que os estados surgiram de maneira indígena—áreas como os vales do Nilo, Tigre-Eufrates e Indus no Velho Mundo e o Vale do México e os vales montanhosos e costeiros do Peru no Novo Mundo. Essas áreas diferem umas das outras de muitas maneiras — em altitude, temperatura, precipitação, tipo de solo, padrão de drenagem e muitas outras características. No entanto, elas têm uma coisa em comum: todas são áreas de terras agrícolas circunscritas. Cada uma delas é cercada por montanhas, mares ou desertos, e essas características ambientais delimitam acentuadamente a área que povos agrícolas simples poderiam ocupar e cultivar. Nesse aspecto, essas áreas são muito diferentes, diga-se de passagem, da bacia Amazônica ou das florestas orientais da América do Norte, onde florestas extensas e contínuas forneciam quase terras agrícolas ilimitadas. Mas qual é o significado das terras agrícolas circunscritas para a origem do estado? Seu significado pode ser compreendido melhor ao comparar o desenvolvimento político em duas regiões do mundo com ecologias contrastantes — uma região com terras agrícolas circunscritas e a outra uma região onde havia terras extensas e ilimitadas³⁴ (Carneiro, 1970, p. 734-735)

Carneiro não nomeia explicitamente a energia como categoria teórica, contudo, o alcance de seu conceito termina por funcionar, de fato, como um marcador de densidade energética por área útil. Várzeas e zonas de pesca são exploradas intensivamente porque oferecem alto retorno energético por unidade de esforço. Seria pronunciar que a formação de estruturas centralizadas não resulta, tendo isso em vista, de uma vontade de integração, senão antes da saturação de recursos locais combinada à impossibilidade de fuga. Condição que, no nível sistêmico, equivale ao fechamento de um sistema dissipativo que já não encontra novos gradientes de energia em seu entorno imediato.

Embora conscientes das limitações de esquemas lineares como os de Lewis Morgan, que propõem uma sequência evolutiva das sociedades e ignoram a pluralidade de caminhos dos diferentes povos, esse argumento se mostra útil nas relações entre técnica, organização social e

³⁴ One promising approach is to look for those factors common to areas of the world in which states arose indigenously—areas such as the Nile, Tigris-Euphrates, and Indus valleys in the Old World and the Valley of Mexico and the mountain and coastal valleys of Peru in the New. These areas differ from one another in many ways—in altitude, temperature, rainfall, soil type, drainage pattern, and many other features. They do, however, have one thing in common: they are all areas of circumscribed agricultural land. Each of them is set off by mountains, seas, or deserts, and these environmental features sharply delimit the area that simple farming peoples could occupy and cultivate. In this respect these areas are very different from, say, the Amazon basin or the eastern woodlands of North America, where extensive and unbroken forests provided almost unlimited agricultural land. But what is the significance of circumscribed agricultural land for the origin of the state? Its significance can best be understood by comparing political development in two regions of the world having contrasting ecologies — one a region with circumscribed agricultural land and the other a region where there was extensive and unlimited land.

transformação histórica³⁵. Como se pode observar no Diagrama 2, a passagem da Selvageria para a Barbárie e depois para a Civilização foi marcada por avanços tecnológicos basilares, como o domínio do fogo, o desenvolvimento da irrigação e o surgimento da cerâmica, que criaram as condições materiais necessárias para o surgimento de estruturas sociais mais complexas. Makarius (1977, p. 716) observa que Morgan, em *Sociedade Antiga*, propôs a divisão correlacionando-os com os tipos de subsistência, com a relação causal desses meios e os demais aspectos culturais, pois, o propósito de sua obra consistia em demonstrar a evolução cultural e as interrelações entre o desenvolvimento dos padrões de subsistência e as diversas facetas da estrutura social, em contraste com a ideia de desenvolvimentos independentes.

Figura 2 - Sequência evolutiva de Morgan da Sociedades Antigas

		Escrita	Civilização	
			Superior	Barbárie
		Ferro	Intermediário	
Domesticação de animais e irrigação			Baixo	
Cerâmica	Superior	Selvageria		
Arco e flecha	Intermediário			
Pesca, Fogo	Baixo			

Fonte: Adaptado de Covey (2008), p. 1844

As inovações técnicas e sociais, evoluíram de "mãos dadas" e essa coevolução atinge seu ápice com o advento justamente da escrita, acompanhado do progresso técnico (eixo material) que proporcionava as condições para saltos organizacionais (eixo social), que consequentemente exigiam novos progressos técnicos. Em última instância, essa é a limitação, quanto aponta Chaisson (2004), do desequilíbrio inerente a sistemas abertos, onde as forças que

³⁵ Como coloca Makarius (1977) ressalta que essas outras "invenções ou descobertas" também dizem respeito às forças produtivas materiais, excetuando-se o alfabeto e a escrita, que Morgan identificou como o marco da civilização. Além disso, Morgan compreendeu que a introdução da cerâmica, marcador de status da barbárie, resultava de um grau de controle sobre a subsistência que possibilitava a vida aldeã, e que a fundição do ferro, culminando no "arado com ponta de ferro", representava "a base da civilização, que pode ser considerada repousante sobre esse metal". Para Morgan, "é provável que as sucessivas artes de subsistência que surgiram em longos intervalos ultimamente, a partir da grande influência que devem ter exercido sobre a condição da humanidade, forneçam as bases mais satisfatórias para essas divisões", embora, como assinala Leacock, ele "não conseguisse se apropriar diretamente da sequência básica de subsistência que ele propôs" devido à escassez de dados disponíveis na época. O próprio Morgan reconhece essa limitação ao afirmar que "a investigação não foi levada longe o suficiente nessa direção para produzir as informações necessárias. Com nosso conhecimento atual, o resultado principal pode ser alcançado selecionando outras invenções ou descobertas que proporcionem testes suficientes de progresso para caracterizar o início de períodos sucessivos" (Morgan, 1963, p. 9, 11-13, 43).

sustentam a vida e a estrutura são sempre acompanhadas por fluxos de energia, que garantem tanto a evolução quanto a manutenção das formas complexas. Contudo, que não se dá de forma contínua ou espontânea, com trajetórias onde a maior captação e uso de energia permitem novas camadas de organização, dadas mudanças abruptas em sua organização marcadas pela emergência de novas propriedades coletivas. De forma simples, uma transição de fase.

O exemplo clássico é a água. Quando aquecida, ela passa de gelo para água líquida, e depois para vapor. Cada mudança dessas é uma transição de fase. Há um limiar de energia (no caso, temperatura) que, uma vez ultrapassado, muda completamente o estado do sistema. Quer dizer, que exibem mudanças qualitativas de comportamento a partir de alterações contínuas em seus parâmetros. Isso é a definição de ponto crítico, uma situação em que não há de fato distinção entre as duas fases, descrito por Solé (2011, p. 11), como:

(...) a presença de um domínio de transição muito estreito separando duas fases bem definidas, que são caracterizadas por propriedades macroscópicas distintas que, em última análise, estão ligadas a mudanças na natureza das interações microscópicas entre as unidades básicas. Uma transição de fase crítica é caracterizada por algum parâmetro de ordem ϕ (μ) que depende de algum parâmetro de controle externo μ (como temperatura) que pode ser continuamente variado. Em transições críticas, ϕ varia continuamente em μ_c (onde assume um valor zero), mas as derivadas de ϕ são descontínuas na através de sistemas críticos, onde as flutuações locais ganham amplitude e duração no entorno do ponto de transição, tornando o sistema sensível e propenso à auto-organização: criticidade. Para as chamadas transições de primeira ordem (como a mudança de fase água-gelo), há um salto descontínuo na ϕ no ponto crítico³⁶.

Embora assim seja, a maioria dos sistemas não são tão simples dessa maneira, ao caso de estarem longe do equilíbrio. Diferente da água, para entender como tais mudanças ocorrem em sistemas que não estão em equilíbrio, como é o caso das sociedades humanas em sua trajetória histórica, é necessário ir além.

Porém, isso não se faz menos importante do que esse encadeamento entre energia, informação e organização recoloca a termodinâmica no centro da compreensão das formas sociais, mas aponta para uma propriedade ainda mais terminante dos sistemas complexos: sua capacidade de transitar entre estados qualitativamente distintos a partir de variações quantitativas em parâmetros como densidade energética, conectividade ou armazenamento informacional. Uma mudança de estado, uma reorganização estrutural. Conquanto persista tal

³⁶ the presence of a very narrow transition domain separating two well-defined phases, which are characterized by distinct macroscopic properties that are ultimately linked to changes in the nature of microscopic interactions among the basic units. A critical phase transition is characterized by some order parameter $\phi(\mu)$ that depends on some external control parameter μ (such as temperature) that can be continuously varied. In critical transitions, ϕ varies continuously at μ_c (where it takes a zero value) but the derivatives of ϕ are discontinuous at criticality. For the so-called first-order transitions (such as the water-ice phase change) there is a discontinuous jump in ϕ at the critical point.

cenário, essa imagem, útil até certo ponto, não explica a dinâmica de sistemas nos quais a instabilidade é a regra. Para pensar a organização social e suas vulnerabilidades energéticas, é preciso considerar sistemas dissipativos, abertos, históricos e sensíveis a perturbações, nos quais pequenas variações podem amplificar-se e gerar bifurcações. Ao contrário das transições entre estados previsíveis, esses momentos abrem possibilidades reais de transformação qualitativa, onde o futuro do sistema se torna incerto e novas formas podem emergir.

1.1.1.2 Sistemas de Não Equilíbrio e Bifurcações

Quanto discutido, a constituição de ordem não emerge de modo autônomo ou meramente espontâneo, à luz da execução, sugere, em sua gênese e manutenção, um custo energético inelutável, pois a redução local da entropia, mesmo quando mediada por informação, requer trabalho físico, o que desloca o foco da auto-organização em si para a centralidade da energia como condição material da complexidade e da mudança qualitativa possível.

Todavia, ao contrário dos sistemas em equilíbrio, que descrevemos para água e seus diagramas de fase baseados na energia livre que mostra se ela está sólida, líquida ou gasosa), os sistemas fora do equilíbrio se comportam de maneira muito menos previsível³⁷. Malgrado que, na termodinâmica, o afastamento do equilíbrio é a própria condição para a emergência de estruturas dissipativas, que Prigogine (1996, p. 71-74) assim chama ou de auto-organizadas, onde fenômenos irreversíveis podem não se reduzir a um aumento de “desordem”, ao passo que, longe do equilíbrio, podem operar certas formas de ordem:

Em suma, a distância do equilíbrio é um parâmetro essencial para descrever o comportamento da matéria, como o é a temperatura para sistemas no equilíbrio. Quando abaixamos a temperatura, observamos uma sucessão de transições de fase que põem em cena os diferentes estados físicos da matéria. Da mesma forma, no não-equilíbrio, podemos observar uma sucessão de regimes de atividade da matéria, cuja variedade é muito maior do que a dos estados físicos gasoso, líquido e sólido. (...) Acerca das estruturas dissipativas, podemos falar de 'auto-organização'. Mesmo que conheçamos o estado inicial do sistema, o processo de que ele é sede e as condições nos limites, não podemos prever qual dos regimes de atividade esse sistema vai escolher. O alcance desta observação impressionou-me. Não podem as bifurcações ajudar-nos a entender a inovação e a diversificação em áreas outras do que a física ou a química? Como resistir à tentação de aplicar essas noções a problemas da esfera da biologia, da sociologia ou da economia? Demos alguns passos nesta direção.

³⁷ Solé (2011, p. 24), especificamente, coloca que se o sistema é descrito em termos de um conjunto de estados possíveis, $A = \{\alpha\}$ tal que $\alpha \in A$ ocorre com uma probabilidade $P\alpha$, para cada par $\alpha, \alpha' \in A$, uma probabilidade de transição $\omega(\alpha \rightarrow \alpha')$ pode ser definida: $P\alpha\omega(\alpha \rightarrow \alpha') = P\alpha'\omega(\alpha' \rightarrow \alpha)$. A probabilidade flui de um estado para outro, em ambas as direções, e cancela a outra. Porém, “Nonequilibrium systems are not determined (solely) by external constraints, and violate the detailed balance condition. As a given control parameter is changed, a given stationary state can become unstable and be replaced by another. Since detailed balance is not operating, their macroscopic properties are no longer obtainable from a stationary probability distribution. Besides, in systems out of equilibrium, no free energy can be defined. In equilibrium systems, the phase diagram can be determined on the basis of the free energy but this approach becomes useless when we move far from equilibrium”

Em estado de equilíbrio, a matéria seria amorfa. Contudo, fora do equilíbrio, essa propriedade inédita, que é a capacidade da matéria de perceber a si mesma e ao seu entorno, estaria associada à dissipação decorrente dos processos irreversíveis. Sob o prisma específico: o equilíbrio é a morte termodinâmica, um estado onde nada flui, nada se transforma, entre linhas, quando um sistema é "empurrado" para longe desse repouso, seja por fluxos de energia, choques externos ou tensões internas, ele começa a criar. Igualmente, a provocação final de aplicar essas noções à sociologia ou economia encontra resposta na ciência de sistemas complexos. Em chave, a sociedade, enquanto sistema complexo, poderia chamar-se de uma estrutura dissipativa, primeiro, porque emerge longe do equilíbrio e, segundo, a ocorre auto-organização a partir do Caos de interações simples, mas não lineares.

A maioria dos sistemas vivos e, por analogia, os sistemas sociais estão fora do equilíbrio, porque recebem e dissipam energia continuamente e, por isso, são dinâmicos. Em linhas gerais, como sistemas altamente organizados, as sociedades operam com criações de ordem (hierarquias, desigualdades ou especialização), longe do equilíbrio, dependendo de fluxos constantes de energia para construir e preservar suas estruturas:

(...) de todos os princípios conhecidos da Natureza, a termodinâmica talvez seja o que mais tem a dizer sobre o conceito de mudança - mas a mudança ditada por uma combinação de acaso e necessidade, de aleatoriedade e determinismo. Mesmo assim, a narrativa cósmica evolutiva é muito rica e diversificada para ser explicada apenas pela termodinâmica de equilíbrio. Todas as estruturas, sejam galáxias, estrelas, planetas ou formas de vida, são sistemas comprovadamente abertos e desequilibrados, com fluxos de energia para dentro e para fora como uma característica central. E é essa energia, a chamada energia disponível, ou "livre", que vai trabalhar e ajuda a construir estruturas. Ao utilizar a energia, a ordem pode ser alcançada, ou pelo menos as condições ambientais tornadas propícias para o aumento potencial da ordem em sistemas abertos prontos para o crescimento. Quer se trate de eletricidade alimentando um laser, luz solar brilhando em uma planta ou alimentos consumidos por humanos, os fluxos de energia desempenham um papel fundamental na criação, ordenação, manutenção e destino de sistemas complexos - tudo de acordo quantitativo com a célebre segunda lei da termodinâmica. Nenhuma das estruturas ordenadas da Natureza, nem mesmo a vida, é uma violação (nem mesmo uma evasão) dessa lei. Para ambos os sistemas ordenados, bem como seus ambientes circundantes, encontramos uma boa concordância com a termodinâmica moderna e fora do equilíbrio³⁸ (Chaisson, 2004, p. 16)

³⁸ For of all the known principles of Nature, thermodynamics has perhaps the most to say about the concept of change—yet change dictated by a combination of chance and necessity, of randomness and determinism. Even so, the cosmic evolutionary narrative is much too rich and diverse to be explained merely by equilibrium thermodynamics. All structures, whether galaxies, stars, planets, or life forms, are demonstrably open, nonequibrated systems, with flows of energy in and out a central feature. And it is this energy, the so-called available, or “free” energy, that goes to work and helps build structures. By utilizing energy order can be achieved, or at least the environmental conditions made conducive for the potential rise of order within open systems ripe for growth. Whether it’s electricity powering a laser, sunlight shining on a plant, or food consumed by humans, energy flows do play a key role in the creation, ordering, maintenance, and fate of complex systems—all in quantitative accord with thermodynamics’ celebrated second law. None of Nature’s ordered structures, not even

Desse modo, podemos convocar outro conceito, as bifurcações, quando o sistema é forçado a fazer uma escolha entre dois potenciais estados candidatos. Esses dois estados podem ser igualmente escolhidos, e a escolha final é frequentemente decidida por meio de alguma contingência histórica. A direção de tal perturbação inicial, uma vez que apenas uma das duas escolhas possíveis pode ser feita, quebra a “simetria” porque qualquer pequena perturbação do estado zero decidirá o equilíbrio escolhido entre os dois³⁹. Em sua gênese conceitual, como mudanças qualitativas no número ou na natureza dos estados possíveis de um sistema, que ocorrem quando um parâmetro de controle é gradualmente ajustado:

Uma bifurcação é uma mudança qualitativa na dinâmica de um determinado sistema que ocorre sob variação contínua (ajuste) de um determinado parâmetro. As bifurcações serão as transições análogas para de fase sob a visão de sistemas contínuos e dinâmicos adotada aqui. Matematicamente, uma bifurcação implica o surgimento (e desaparecimento) de novas soluções. No mundo real, está relacionado a uma mudança qualitativa quando, por exemplo, informações, vírus ou incêndios se propagam (quais limites precisam ser superados) ou ocorre uma mudança na estrutura de um ecossistema. Um exemplo deste último seria a transição de habitats com vegetação para habitats desérticos⁴⁰ (Solé, 2011, p. 37-38)

O ponto é que, à medida que se aproxima desse momento de bifurcação, o sistema perde previsibilidade, o que seria afirmar que a mesma sociedade pode seguir por caminhos distintos a partir de um mesmo ponto crítico. Tanto quanto houvesse uma fronteira entre dois regimes dinâmicos, o ponto crítico é o operador de reconfiguração, como o local privilegiado em que a auto-organização pode emergir.

Nesse sentido, seria passagem da Selvageria à Barbárie, e desta à Civilização, sugere momentos em que o sistema social, ao atingir certo limiar de energia disponível, reconfigura

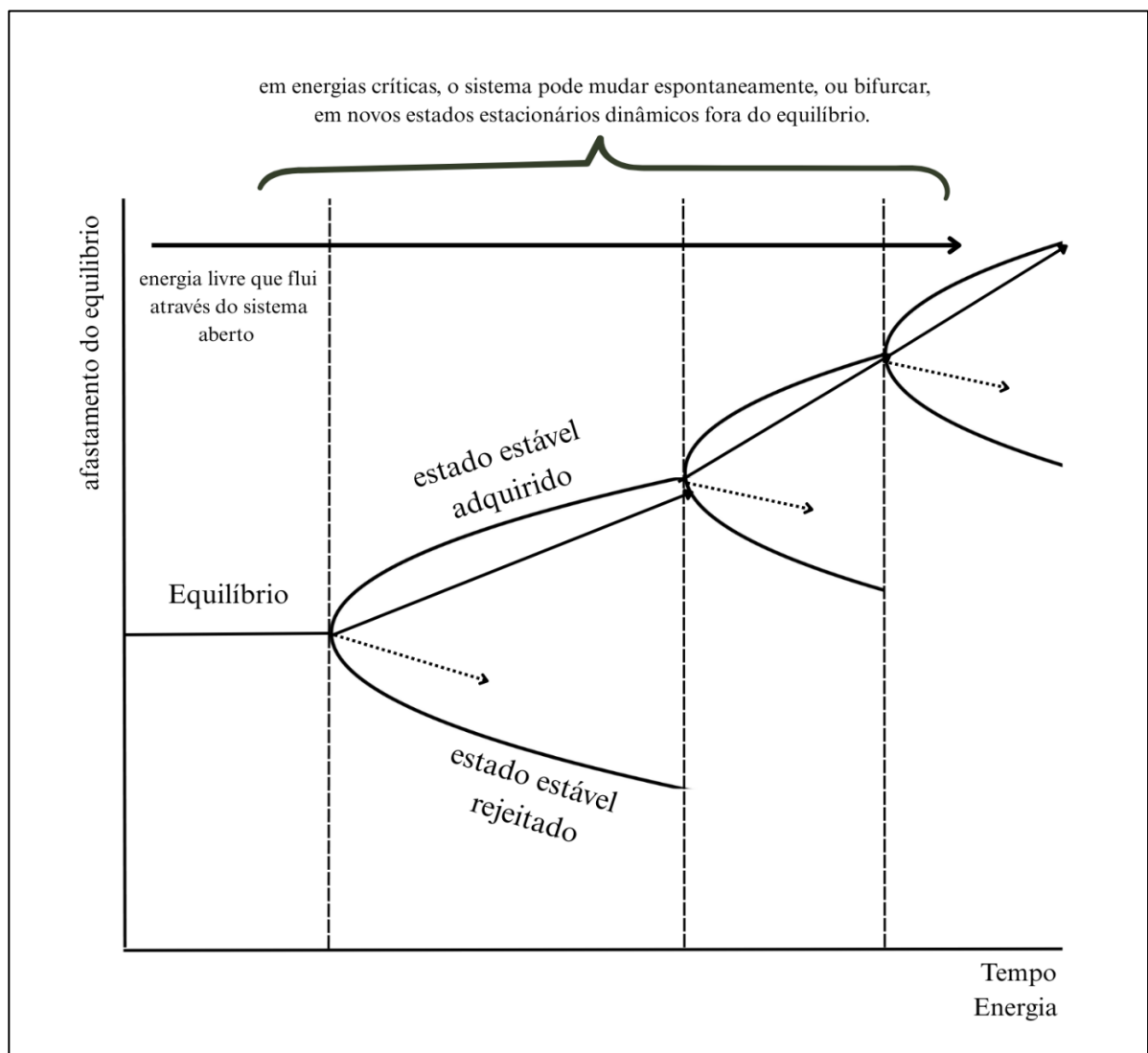
life, is a violation (nor even a circumvention) of this law. For both ordered systems as well as their surrounding environments, we find good agreement with modern, nonequilibrium thermodynamics

³⁹ Para ilustrar esse fenômeno de forma intuitiva, Solé (2011, p. 43, 46-47) recorre ao modelo de uma bola de gude rolando num vale duplo. Qualquer pequena mudança na posição da bola de gude a forçará a rolar para baixo em direção ao estado estável mais próximo (o fundo do vale mais próximo). em que não há mais garantia de qual vale a bola ocupará, pois, pequenas diferenças nas condições iniciais podem levá-la para um lado ou outro. Isso é o que Solé chama de ruptura de simetria, a transição de uma conjuntura com comportamento único para um estado onde existem múltiplas alternativas igualmente possíveis. Mais ainda, podem ocorrer transições abruptas e irreversíveis, mesmo quando a mudança do parâmetro de controle é gradual. Se a esta bola repousa no vale mais raso, à medida que elevando um lado do terreno, chega um ponto em que esse vale desaparece. A bola, então, cai subitamente para o outro vale, numa transição súbita e sem retorno. Essa é a essência da catástrofe: uma mudança estrutural do sistema, provocada por variações contínuas, mas que geram efeitos descontínuos. Bem como, mesmo que recuemos o parâmetro até o valor anterior, a bola não retorna espontaneamente ao seu vale original. Isso ocorre porque, ao longo do processo, o relevo foi deformado de tal forma que o antigo estado desapareceu, ou seja, de histerese.

⁴⁰ A bifurcation is a qualitative change in the dynamics of a given system that takes place under continuous variation (tuning) of a given parameter. Bifurcations will be the analog to phase transitions under the continuous, dynamical systems view taken here. Mathematically a bifurcation implies the emergence (and disappearance) of new solutions. In the real world, it relates to a qualitative change when, for example, information, viruses, or fires propagate (what thresholds need to be overcome) or a shift occurs in the structure of an ecosystem. An example of the latter would be the transition from vegetated to desert habitats

suas estruturas internas e dá origem a uma nova forma de organização. Sendo que, essa reconfiguração não deve ser compreendida como mera consequência técnica, por via de contraste, como produto de um sistema fora do equilíbrio, como se explica, um sistema social dinâmico que, ao receber energia (seja por domínio de técnicas agrícolas, domesticação e irrigação), se reorganiza em novos patamares de complexidade. Visualmente, podemos condensar como na figura 3.

Figura 3 - Bifurcações em relação ao Afastamento do Equilíbrio e a Energia e Tempo



Fonte: Elaboração própria com base em Chaisson (2004, p. 16), Sole (2011) e Prigogine (1996)

Ao quadro, cada salto de complexidade, como a transição da cerâmica para a escrita, da pesca para a irrigação sistemática, do ferro para a formação do Estado, representa um acúmulo técnico e uma mudança de fase, sustentada por fluxos energéticos mais densos que permitem instituições capazes de canalizar e manter essa energia e, com isso, as novas bifurcações sob

relações ecológicas energéticas⁴¹. Todavia, afora dessas progressões, ou seja, “saltar” em complexidade através da energia perdida durante a transformação, a nêmesis de complexidade, o colapso, existe, e muitas sociedades complexas do passado não jazem aqui por isso. Isto é, a segunda via de se tornar complexo socialmente é a “manutenção” dessa complexidade, porque crescer é só metade do caminho; o outro meado é sustentar.

1.1.2 Manutenção de Complexidade Social e o Fluxo Energético

Do dito acima, das sociedades serem estruturas dissipativas, já podemos afirmar, à luz das transições de fase e bifurcações sistêmicas, que complexidade não é um botão que se aperta uma vez e fica ligado para sempre. Como abordamos, sistemas complexos exigem fluxo energético constante para evitar degradação, ao passo que também passam por sucessões de transições de fase, nas quais o acúmulo de energia, técnicas e formas de organização resulta em saltos qualitativos de complexidade. Sistemas fora do equilíbrio não operam sob as condições clássicas da física de equilíbrio, são sistemas que se movem por bifurcações, saltando de uma configuração a outra, frequentemente de modo irreversível. No exemplo da água, não há bifurcação, sabemos exatamente para onde vai entre seus três estados. Todavia, nos sistemas sociais, uma mesma sociedade pode seguir por caminhos distintos a partir de um mesmo ponto crítico. O problema, a saber, não se encerra apenas em alcançar a complexidade, a contrapelo da expectativa, em mantê-la e saltar novamente.

Disso, pode-se entrar no que aponta Diamond (2005) sobre a grande questão ser o que resta quando a energia e o comércio cessam de fluir, desencadeado pela interrupção de fluxos, o colapso, que advém também da incapacidade das sociedades de responder adequadamente a essas rupturas. Ele identifica cinco fatores interligados que precipitam esse processo: a hostilidade de vizinhos, mudanças climáticas, degradação ambiental, a falência de parceiros comerciais e a resposta da própria sociedade a esses desafios. No caso das ilhas do Pacífico de Pitcairn, Henderson e Mangareva, a relação triangular de dependência entre elas ilustra como o fluxo de recursos e comércio externo, efetivo para sua sobrevivência, se tornou vulnerável. Quando a dependência de Mangareva para matérias-primas foi interrompida, devido ao esgotamento de seus próprios recursos, o comércio cessou, afetando diretamente Pitcairn e

⁴¹ Como faz Crosby (2006, p. 26), em dizer que “é provável que houvesse uma relação entre o aquecimento global, as origens de cerca de 10.000 A.C da agricultura e o início do complicado fenômeno que chamamos de civilização. À medida que o gelo recuava, a cortina subiu no período chamado Neolítico, durante o qual alguns humanos mudaram de lascas para ferramentas de pedra polida e lascadas, inventaram a agricultura, tecelagem, cerâmica e metalurgia e começaram a viver em aldeias permanentes. Esses são os ingredientes do que vagamente chamamos de “civilização””

Henderson, que ficaram impossibilitadas de sustentar suas populações⁴². Essa situação, embora ocorrida em um contexto isolado, desponta uma dinâmica que pode ser observada em sociedades contemporâneas, cujas economias, altamente especializadas e interconectadas, dependem de fluxos energéticos e redes comerciais globais vulneráveis e o fechamento do fluxo de energia ou comércio, seja por decisões políticas ou fatores externos. De tal modo, o colapso ocorre não pela falta de engenhosidade ou organização, no que se resume, pela incapacidade das estruturas sociais de lidar com a escassez de recursos, levando à desintegração quando a extração de recursos não mais acompanha a demanda.

Como já tocamos, nesse sentido, Tainter (1988, p. 91) refaz a lógica de que complexidade, *ipsis litteris*, sendo do que uma resposta adaptativa a problemas percebidos. Sua eficácia depende, por conseguinte, da relação entre retornos obtidos e custos despendido. No mais, quando essa equação se torna assimétrica, a continuidade da complexidade se torna inviável como estratégia de organização social:

As sociedades humanas e as organizações políticas, como todos os sistemas vivos, são mantidas por um fluxo contínuo de energia. Da unidade familiar mais simples à hierarquia regional mais complexa, as instituições e interações padronizadas que compõem uma sociedade humana dependem de energia. Ao mesmo tempo, os mecanismos pelos quais os grupos humanos adquirem e distribuem recursos básicos são condicionados e integrados às instituições sociopolíticas. O fluxo de energia e a organização sociopolítica são lados opostos de uma equação. Nenhum pode existir, em um grupo humano, sem o outro, nem pode sofrer mudanças substanciais sem alterar o membro oposto e o equilíbrio da equação. O fluxo de energia e a organização sociopolítica devem evoluir em harmonia. Não apenas o fluxo de energia é necessário para manter um sistema sociopolítico, mas a quantidade de energia deve ser suficiente para a complexidade desse sistema⁴³

⁴² Diamond (2005), no início do capítulo III, descreve como as ilhas tropicais do Pacífico, incluindo Pitcairn e Henderson, estão ligadas a uma catástrofe ambiental que se desenvolveu lentamente a centenas de quilômetros mar adentro, na populosa ilha de Mangareva, cuja população sobreviveu a custo de um padrão de vida drasticamente reduzido. Elas fornecem um exemplo claro de um colapso deflagrado pelo dano ambiental na terra de um parceiro comercial, antecipando os riscos atualmente associados à moderna globalização. Embora o dano ambiental em Pitcairn e Henderson tenha contribuído para o colapso, não há provas de que a mudança climática ou inimigos tenham sido fatores importantes: “Há muitos séculos, imigrantes chegaram a uma terra fértil, abençoada com recursos naturais aparentemente inesgotáveis. Embora a terra tivesse poucas matérias-primas úteis para a indústria, tais materiais foram prontamente obtidos por comércio marítimo com terras mais pobres que tinham depósitos desses recursos. Durante algum tempo, ambas as terras prosperaram, e suas populações se multiplicaram. Contudo, a população da terra rica acabou se multiplicando de tal forma que nem os seus recursos abundantes podiam suportar. À medida que suas florestas eram derrubadas e seu solo erodido, sua produtividade agrícola já não era suficiente para gerar excedentes para exportação, construir navios, ou mesmo para nutrir seu povo. Com o declínio do comércio, escassearam as matérias-primas importadas. Sobreveio a guerra civil, e instituições políticas estabelecidas foram derrubadas por uma sucessão calidoscópica de líderes militares locais. A população faminta da terra rica sobreviveu tornando-se canibal. Seus antigos parceiros comerciais de além-mar tiveram um destino ainda pior: privados das importações das quais dependiam, começaram a saquear o seu próprio meio ambiente até que não sobrasse mais nada vivo.”

⁴³ Human societies and political organizations, like all living systems, are maintained by a continuous flow of energy. From the simplest familial unit to the most complex regional hierarchy, the institutions and patterned interactions that comprise a human society are dependent on energy. At the same time, the mechanisms by which human groups acquire and distribute basic resources are conditioned by, and integrated within, sociopolitical

O argumento é que, conforme as sociedades enfrentam desafios, a complexidade crescente de suas estruturas gera benefícios cada vez menores em relação aos custos. Inicialmente, soluções simples oferecem retorno positivo, mas, com o tempo, essas opções se esgotam e exigem investimentos maiores, elevando os custos desproporcionalmente. Pelas sendas, as sociedades humanas funcionam como mecanismos de resolução de problemas, necessitando de recursos contínuos para manter suas estruturas sociopolíticas, e ao alcance que essas estruturas se tornam mais complexas, os custos per capita aumentam.

Nesse cenário, em que a complexidade emerge como uma resposta adaptativa às pressões sistêmicas, torna-se evidente que sua eficácia decresce ao longo do tempo, uma vez que os custos para a sustentar aumentam mais rapidamente do que os benefícios que ela proporciona. À medida que os retornos marginais da complexidade diminuem, impõe-se uma alternativa de longo prazo: a mudança técnica, entendida como o conjunto de inovações capazes de ampliar a eficiência e reduzir os custos operacionais do sistema. Essa dinâmica é precisamente formulada por Tainter (1988, p. 125), ao indicar que:

Para as sociedades humanas, a melhor chave para o crescimento socioeconômico contínuo e para evitar ou contornar (ou pelo menos financiar) declínios na produtividade marginal é obter um novo subsídio de energia quando se torna aparente que a produtividade marginal está começando a cair. Entre as sociedades modernas, isso foi conseguido explorando as reservas de combustíveis fósseis e o átomo. Entre as sociedades sem o trampolim técnico necessário para tal desenvolvimento, a tentação usual é adquirir um subsídio de energia por meio da expansão territorial. (...) Sempre que o custo marginal de financiar as necessidades de um sistema social a partir da produtividade anual local se torna perceptivelmente muito alto, essa solução deve parecer atraente. A força dessa atração dificilmente precisa ser discutida, pois a ascensão e expansão dos impérios fornece uma das pedras de toque inequívocas da história. Essa expansão, quando bem-sucedida, tem pelo menos a vantagem de curto prazo de fornecer o subsídio buscado, já que as reservas acumuladas da população subjugada e uma parte de sua produtividade anual são alocadas à política dominante. Quando algum novo insumo para um sistema econômico é colocado em operação, seja uma inovação técnica ou um subsídio de energia, muitas vezes terá o potencial, pelo menos temporariamente, de aumentar a produtividade marginal. No longo prazo, no entanto, os retornos marginais acabarão por começar a diminuir novamente⁴⁴

institutions. Energy flow and sociopolitical organization are opposite sides of an equation. Neither can exist, in a human group, without the other, nor can either undergo substantial change without altering both the opposite member and the balance of the equation. Energy flow and sociopolitical organization must evolve in harmony. Not only is energy flow required to maintain a sociopolitical system, but the amount of energy must be sufficient for the complexity of that system.

⁴⁴ For human societies, the best key to continued socioeconomic growth, and to avoiding or circumventing (or at least financing) declines in marginal productivity, is to obtain a new energy subsidy when it becomes apparent that marginal productivity is beginning to drop. Among modern societies this has been accomplished by tapping fossil fuel reserves and the atom. Among societies without the technical springboard necessary for such development, the usual temptation is to acquire an energy subsidy through territorial expansion. Whenever the marginal cost of financing a social system's needs out of local yearly productivity becomes perceptibly too high, this solution must seem attractive. The force of this attraction need hardly be argued, for the rise and expansion of empires provides one of the unequivocal touchstones of history. Such expansion, where successful, has at least the short-term advantage of providing the subsidy sought, as the accumulated reserves of the subject population, and a portion of

De acordo com essa formulação, portanto, uma sociedade complexa que busca manter ou ampliar sua organização interna tende, inevitavelmente, a enfrentar o aumento progressivo de seus custos marginais, especialmente quando tenta sustentar novos ciclos de expansão. Seja pela necessidade de defender fronteiras mais amplas, administrar vastas extensões territoriais, manter uma burocracia crescente, pacificar populações ou lidar com rivais geopolíticos, os desafios se multiplicam. Nesse contexto que a complexidade passa a depender de mecanismos externos de sustentação, isto é, um movimento que pode ser traduzido como uma política de aquisição de subsídios, seja via inovações técnicas, comércio internacional, exploração de novas fontes de energia ou expansão territorial.

Igualmente sendo, pelas mesmas vias dessa análise, o comércio ocupa um papel central neste processo, justamente por funcionar como meio de absorção de energia e ordem externa, sem o custo político e territorial da conquista, ou, ao menos, postergando sua necessidade. Ele permite que sociedades com produtividade marginal decrescente importem excedentes energéticos, recursos críticos e bens estratégicos que sustentam sua complexidade interna. Mais uma vez, vale dizer, nesse ponto que se concentra o foco desta dissertação: compreender como o comércio se torna um instrumento para viabilizar a manutenção da complexidade em ambientes onde as condições energéticas locais se mostram insuficientes, gerando não apenas fluxos materiais, como reverso da moeda, também vulnerabilidades sistêmicas e disputas geopolíticas.

Como se observará ao longo da análise, porém, o comércio nem sempre foi uma via plenamente acessível ou eficiente. Durante boa parte da história, sua capacidade de desempenhar esse papel estruturante esteve severamente limitada pelos custos de transporte, pelas restrições logísticas e pelas barreiras técnicas à movimentação de grandes volumes de energia e materiais. A própria expansão da rede comercial global dependeu, antes de tudo, da superação desses obstáculos físicos o que condicionou, em larga medida, os ritmos, os alcances e os efeitos geopolíticos das trocas internacionais.

Em que pese, antes de ir adiante, nesta altura, podemos sintetizar ou pouco dessas águas que começamos a tocar como no esquema 4 abaixo. Baseando-nos no esquema de Covey (2008) para a complexidade política com destaque as transições de fase marcadas por hierarquização e especialização, que originalmente aborda a relação entre complexidade e

their yearly productivity, are allocated to the dominant polity. When some new input to an economic system is brought on line, whether a technical innovation or an energy subsidy, it will often have the potential at least temporarily to raise marginal productivity. In the long run, however, marginal returns will ultimately begin to decline again,

tempo com a premissa de que, à medida que o tempo avança, os sistemas sociais e políticos se tornam mais complexo seguem tais transições que podem resultar em desagregação ou avanço. Eventualmente, o apogeu seriam o surgimento de estados e impérios, sob o véu da razão, estruturas administrativas muito mais robustas e pela ampliação territorial. Ao caso, a especialização em diferentes funções sociais, consolidando sistemas de tributação, defesa e infraestrutura. Mas mesmo esse apogeu, resultam em fases de expansão e declínio, mostrando que a complexidade não garante estabilidade permanente.

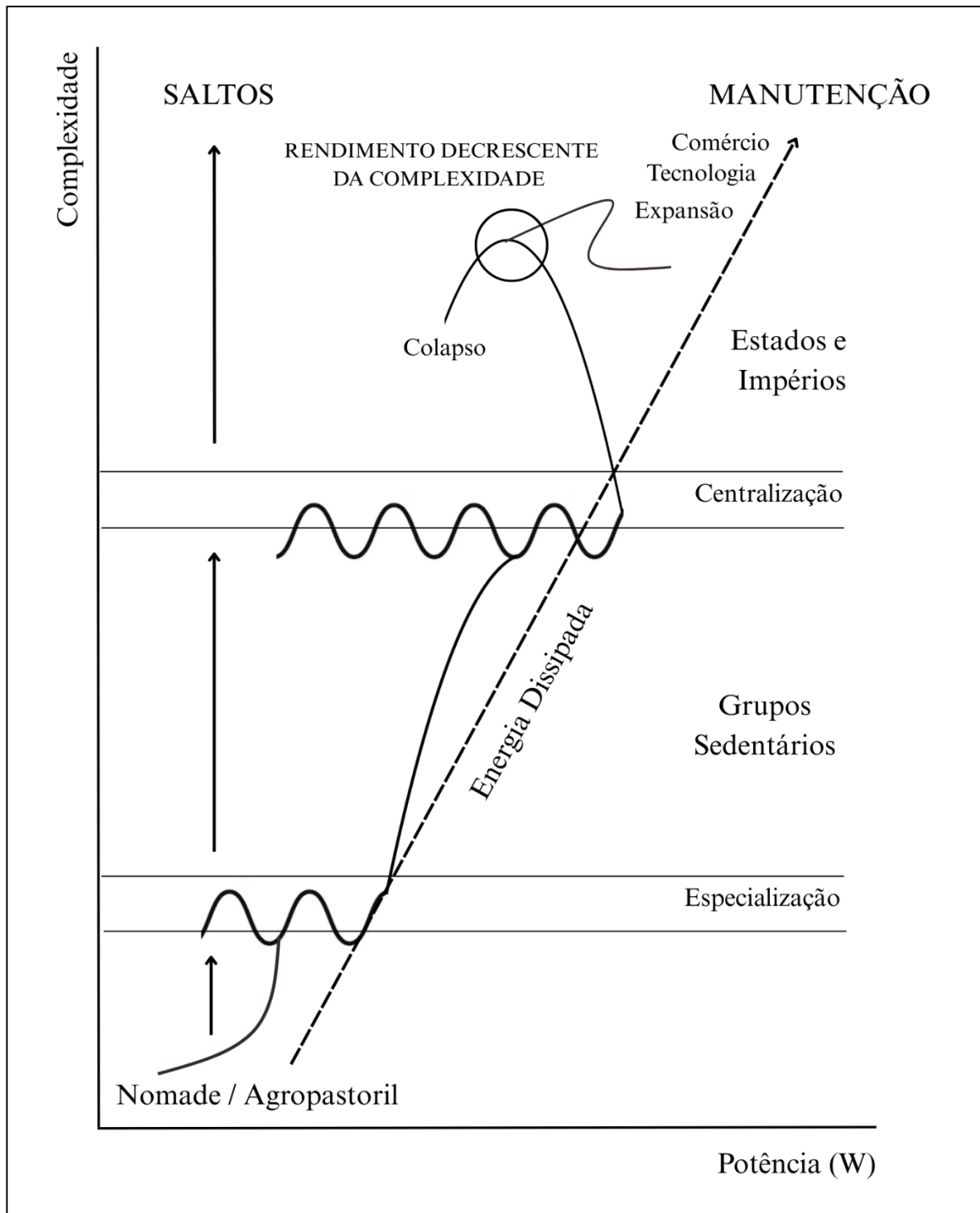
Para olhar melhor esse último passo, podemos deslocar, conforme o exposto para a variável crítica ser capacidade de acesso e conversão de energia, no dizer exato, de que cada mudança de fase exige mais dissipação energética, passando o eixo temporal para a unidade de Potência (W), que nada mais é do que a energia (joules) no numerador. Cada salto ocorre, como tracejamos, através de bifurcações, pontos críticos nos quais uma sociedade, ao atingir certo limiar energético, é forçada a escolher entre diferentes caminhos de reorganização estrutural mediante ao fluxo energético acumulado, lembrando que as bifurcações são sensíveis a história do sistema. O elo é que quando a potência energética ultrapassa um limiar, permitindo novos paradigmas tecnológicos como a agricultura gerar excedentes e dos excedentes a burocracia que vis-à-vis hierarquias mais profundas custam energia para reduzir essa entropia e a unidade assim saltar em complexidade.

Transições de fase, nas quais o aumento da potência dissipada permite saltos qualitativos em direção a maiores níveis de complexidade organizacional. Todo estágio de salto na curva representa um par ordenado crítico no qual o sistema pode falhar ou avançar, dependendo da energia disponível e da capacidade de superar os atratores que estabilizam ou desestabilizam a manutenção da complexidade. Esses atratores exigem um impulso adicional para serem vencidos, sendo que a incapacidade de gerar ou acessar mais energia pode levar ao colapso ou à retração da estrutura organizacional e quando a potência excede o limiar necessário, novos patamares de complexidade podem ser atingidos, estabelecendo novas ordens e hierarquias que demandam níveis energéticos superiores para se manterem.

Ou seja, a linha tracejada mostra que essa ascensão exige manutenção contínua de energia. A partir de certo ponto, os sistemas enfrentam o fenômeno de rendimentos decrescentes da complexidade, no ponto nodal, mais energia é gasta para manter estruturas cada vez menos eficientes. Mas quando a energia disponível é insuficiente, devido a rendimentos decrescentes da complexidade como solução (Tainter, 1988), ocorrem colapsos (Diamond, 2005), onde as bifurcações são novas tecnologias (aumento da eficiência energética, expansão territorial (importação de energia/ordem de outras regiões ou o Comércio global (redistribuição de

energia). Tendo isso em conta, o ponto crítico é onde os custos marginais da complexidade superam os benefícios e a humanidade escapa disso através de saltos de eficiência.

Figura 4 - Evolução da Complexidade e Potência Em transições de Fase



Fonte: Elaboração própria com base em Covey (2008) e agregando Tainter (1988), Diamond (2005) e Chaisson, 2004

Mesmo com o colapso de Estados e Impérios, a complexidade continuou a subir nos últimos 5 mil anos, baseada justamente no avanço da complexidade pela energia. Por isso, o coração da nossa questão é como Estados e Impérios acessaram mais energia para sustentar sua crescente complexidade. Como lembra Spier (2015, p. 242):

(...) os humanos começaram a explorar sistematicamente outros humanos como fontes de matéria e energia e, ao fazê-lo, criaram boas circunstâncias para si mesmos. Ao competir por esses recursos, os humanos criaram novas formas de complexidade, ou seja, estados caracterizados por redes de interdependência cada vez mais intrincadas. Esse desenvolvimento levou a um novo tipo de dependência de caminho, porque as pessoas que lucraram com esses novos recursos acharam difícil, se não impossível, viver fora dos estados. Aparentemente, os custos de alcançar e manter a complexidade do Estado não devem ter superado seus benefícios, pelo menos para aqueles que exerceram poder social suficiente. Nos últimos 5.000 anos, os estados se tornaram estruturas sociais bastante robustas. Com certeza, muitos estados entraram em colapso em um determinado momento. No entanto, depois de um tempo, novos estados geralmente ressurgiram nessas áreas. Com o tempo, o surgimento de estados superou o colapso deles. Como resultado, os estados se espalharam pelo mundo a ponto de hoje quase não haver áreas sem estado⁴⁵

Sobrelevando tal fato, por muito tempo, as pessoas que realmente desfrutaram dessas conquistas permaneceram uma pequena minoria, em geral restrita a cerca de uma décima parte da população. Em contraste, os nove décimos restantes, até os últimos trezentos anos. Consolidando esse ponto, desde por volta de 1750, com a Revolução Industrial, continuavam a dedicar-se à agricultura, extraindo diretamente do ambiente natural a energia necessária à sua sobrevivência.

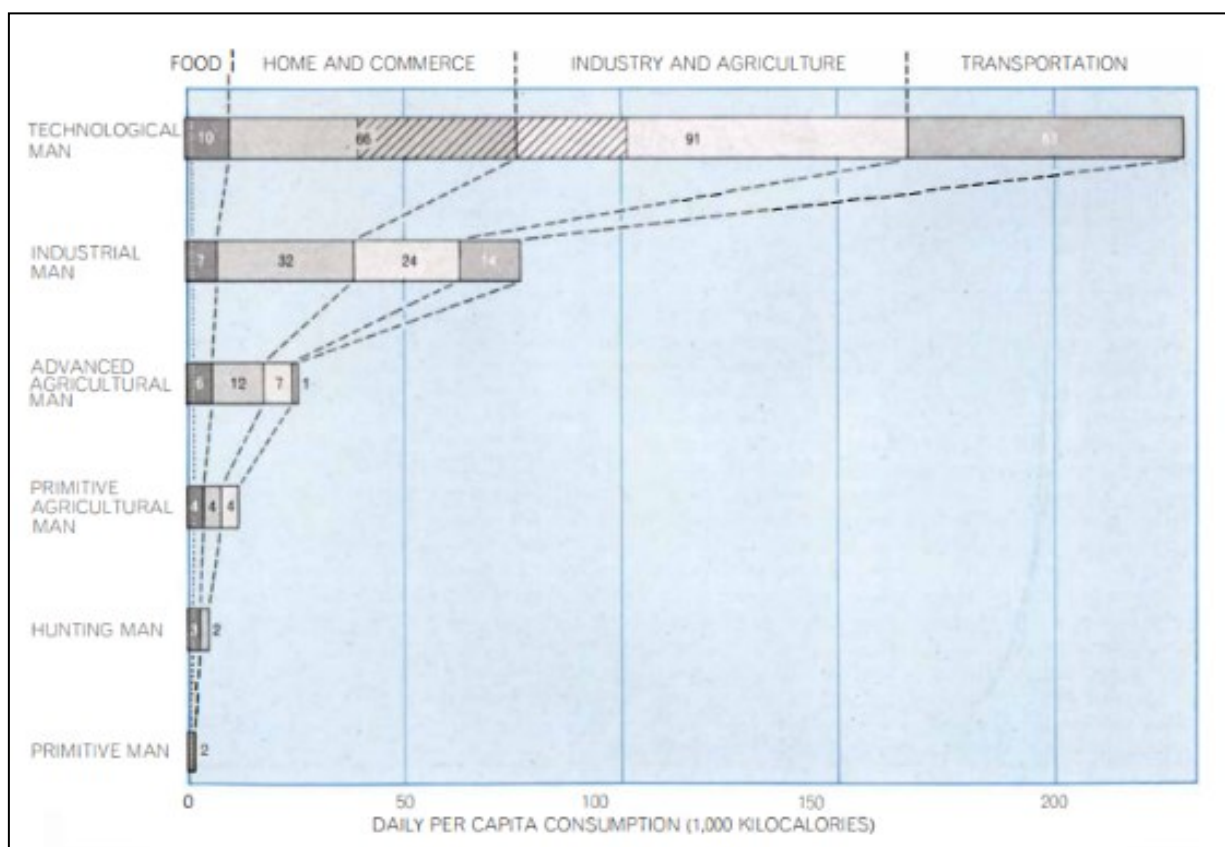
A despeito da tendência em tomar como norma, esse período constitui antes um desvio, um episódio recente e exponencial de liberação energética, fruto do uso intensivo de combustíveis fósseis, que contrasta fortemente com a longa história da humanidade sob severas restrições materiais. O que implica reconhecer, por um lado, a natureza espiralada desse processo histórico e, por outro, a condição excepcional do mundo moderno diante do pano de fundo de uma humanidade que, por quase toda sua história, viveu sob um regime de escassez energética, sob o teto imposto pela biomassa.

Nessa linha, um grande esforço é feito por Cook (1971), que já citamos na introdução desta parte I, em colocar em linha a curva exponencial do aumento do consumo de energia

⁴⁵ that humans began to systematically tap other humans as matter and energy sources and, in doing so, created good circumstances for themselves. By competing for these resources, humans created new forms of complexity, namely states that were characterized by ever more intricate interdependency networks. This development led to a new type of path dependency, because the people who profited from these new resources found it hard, if not impossible, to live outside states anymore. Apparently, the costs of achieving and maintaining state complexity must not have outweighed its benefits, at least for those who exercised enough social power. Over the past 5,000 years states have turned out to be rather robust social structures. To be sure, many states have collapsed at a certain point in time. Yet after a while new states usually re-emerged in those areas. Over time the emergence of states has outweighed the collapse of them. As a result, states have spread around the globe to the extent that today there are hardly any state less areas left.

poder ser considerada em termos de vários estágios do desenvolvimento humano. Como ele coloca, e abaixo na figura 5, durante milênios, a energia que um homem podia consumir não ultrapassava a que seu próprio corpo conseguia extrair dos alimentos, cerca de duas mil quilocalorias por dia. Quando o fogo passou a morar entre nós, essa cifra dobrou, e as primeiras aldeias agrícolas, amparadas por animais domesticados, elevaram-na a algo em torno de doze mil quilocalorias. O mundo, arrastado por esse processo, crescia no compasso das estações. Somente com as fábricas a carvão, entre meados do século XIX, é que a energia diária de um indivíduo em países como Inglaterra ou Alemanha explodiu para setenta mil quilocalorias, um salto que abriu caminho para as cidades e urbanização. Já a eletricidade e o automóvel, ao dobrar a velocidade e multiplicar as distâncias, elevaram esse consumo a mais de duzentas mil quilocalorias no século XX.

Figura 5 - Evolução Histórica do consumo per capita de energia (Kcal)



Fonte: Cook, 1971, p.136.

Todavia, convém, antes de progredirmos, mencionar a crítica de Smil (2008) à suposição de que o aumento do uso per capita de energia conduz automaticamente a sociedades melhores e a formas superiores de organização social ou cultural. O uso excessivo de energia não se traduziria, assim, em benefícios proporcionais em complexidade ou qualidade de vida,

ao avesso, vinculado a bens descartáveis, desigualdades e externalidades ambientais. Com, em meio ao fluxo de avanços técnicos em motores e conversores, a eficiência ecológica global é pior, pois, a maior parte da energia é dissipada em produtos de curta duração e demandas artificiais:

O uso mais elevado de energia não traz um maior florescimento cultural. Se este fato autoevidente precisa ser ilustrado, basta confrontar a civilização urbana grega de 450 d.C. com a Atenas de hoje, ou Florença do final do século quinze com Los Angeles do início do século vinte e um. Em ambas as comparações, há uma diferença de 100 na utilização per capita de energia primária e uma disparidade inversa imensuravelmente grande em termos dos respectivos legados culturais. O uso mais elevado de energia além dos mínimos desejáveis de consumo anual de energia não cria uma qualidade de vida superior. Fluxos de energia mais elevados na verdade erodem a qualidade de vida, primeiro para as populações que são imediatamente afetadas pela extração ou conversão de energias, eventualmente para todos através de preocupantes mudanças ambientais globais. O uso mais elevado de energia não promove a estabilidade social. O oposto é verdadeiro: tende a ser acompanhado por uma maior desintegração social, desmoralização e mal-estar. Nenhuma das disfunções sociais — o abuso de crianças e mulheres, crimes violentos, uso generalizado de álcool e drogas — diminuiu em sociedades afluentes, e muitas delas apenas se agravaram. O uso mais elevado de energia não traz necessariamente maior eficiência dos sistemas. Alguns impressionantes aumentos de eficiência de motores primários individuais e conversores de combustível e eletricidade dos séculos dezenove e vinte resultaram em rápidos avanços técnicos. Mas como uma grande parte do Consumo de Energia Primária Total (TPES) vai para lixo descartável de curta duração e para prazeres e emoções duvidosos promovidos pela publicidade sem sentido, a eficiência ecológica geral das sociedades modernas de alta energia dificilmente é uma melhoria em relação ao estado anterior do desenvolvimento humano⁴⁶. (Smil, 2008, p. 286-387)

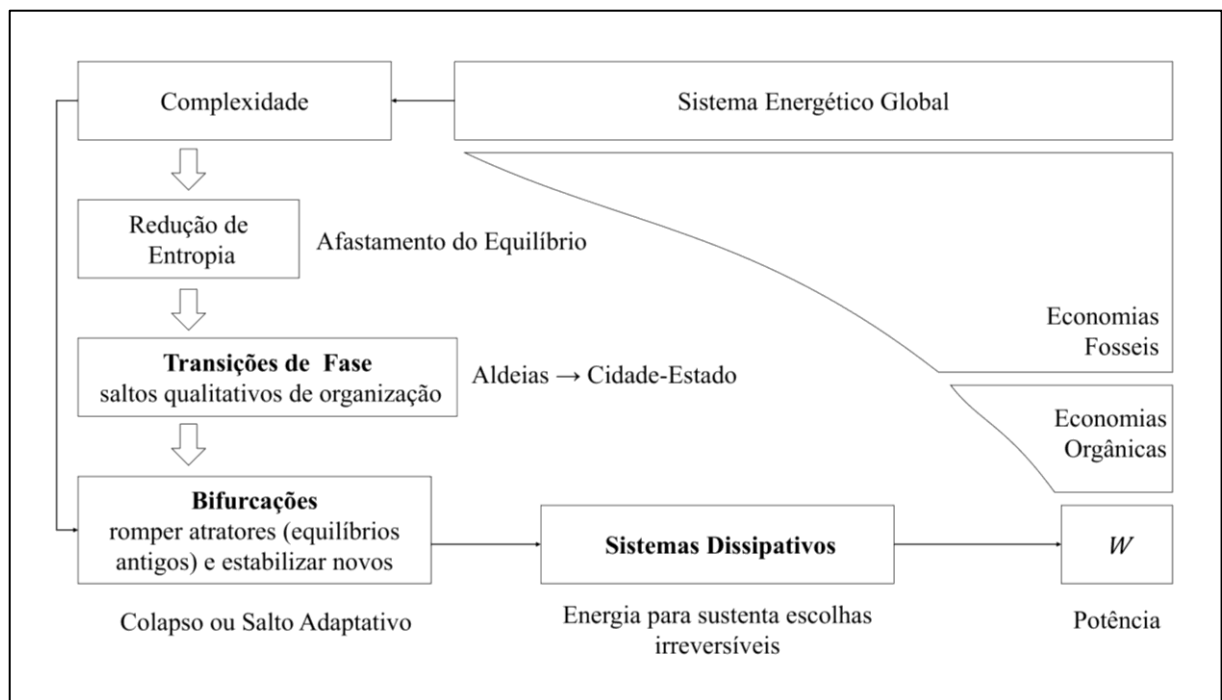
Entretanto, ao afirmar que tais excessos se dão além dos mínimos desejáveis, é entrever o que aqui se propõe de que esses mínimos não permanecem fixos, ao avesso, crescem com a densidade populacional e com a complexidade institucional necessária para organizá-la, de modo que o aumento dos fluxos energéticos continua sendo condição estrutural para o adensamento da vida social, ainda que não garanta seus fins culturais ou éticos. Seguindo essa linha, a relação entre energia e complexidade ela é a abertura de possibilidades, nos termos da

⁴⁶ Higher energy use does not bring greater cultural flourishing. If this self-evident fact needs illustrating, it is enough to juxtapose the Greek urban civilization of 450 .C.E. with today's Athens, or Florence of the late fifteenth century with Los Angeles of the early twenty-first century. In both comparisons there is a difference of 100 in per capita use of primary energy and an immeasurably large inverse disparity in terms of respective cultural legacies. Higher energy use beyond the desirable annual energy consumption minimum does not create a superior quality of life. Higher energy flows actually erode quality of life, first for populations that are immediately affected by extraction or conversion of energies, eventually for everyone through worrisome global environmental changes. Higher energy use does not promote social stability. Just the reverse is true: it tends to be accompanied by greater social disintegration, demoralization, and malaise. None of the social dysfunctions—the abuse of children and women, violent crime, widespread alcohol and drug use—has ebbed in affluent societies, and many of them have only grown worse. Higher energy use does not bring necessarily higher system efficiencies. Some impressive efficiency increases of individual prime movers and fuel and electricity converters of the nineteenth and twentieth centuries brought about rapid technical advances (Smil 2005a; 2006). But as a large part of TPES goes into short-lived disposable junk and into dubious pleasures and thrills promoted by mindless advertising, the overall ecological efficiency of modern high-energy societies is hardly an improvement on the earlier state of human development.

abordagem dos sistemas complexos, como a correlação contingente de fluxos energéticos ampliados criam condições para formas mais densas de organização social.

Portanto, considerando que esta investigação parte da premissa segundo a qual existe uma correlação intrínseca entre energia, complexidade e comércio (entendido aqui como um mecanismo de redistribuição de fluxos energéticos capaz de sustentar formas superiores de organização social e material), a trajetória argumentativa até o presente momento consistiu em construir o alicerce conceitual necessário à formulação dessa articulação. A partir desse ponto, procurou-se reconstruir o papel dos sistemas dissipativos na configuração histórica das civilizações, concebendo-as como arranjos que mantêm padrões de ordem afastados do equilíbrio termodinâmico mediante transições de fase sucessivas e bifurcações estabilizadas ao longo do tempo. Com isso, delineia-se um modelo segundo o qual a potência energética conforma a base física sobre a qual repousa a complexidade social, sendo precisamente esse excedente de energia convertido em capacidade organizacional o que possibilita os grandes saltos civilizacionais observáveis na longa duração.

**Figura 6 - Trajetória Metodológica da Potência à Complexidade Organizacional
Sistemas Dissipativos e Gênese do Sistema Energético Global**



Fonte: Elaboração própria. 2025.

Diante desse percurso, o que se propõe nas seções seguintes é acompanhar com atenção o encadeamento histórico entre energia, complexidade e comércio, observando como diferentes regimes energéticos moldaram as possibilidades civilizacionais ao longo dos últimos dez milênios. No caso das economias orgânicas, o grande salto representado pela Revolução

Agrícola ainda operava sob os limites das fontes renováveis de baixa densidade, embora já se observasse, mesmo que de forma incipiente, a função do comércio na redistribuição de excedentes energéticos entre espaços e comunidades. Em outra escala, a Revolução Energética moderna inaugura uma transformação qualitativa, ao permitir a expansão exponencial da complexidade por meio de novas formas de urbanização, capacidades logísticas ampliadas e inovações nos fundamentos materiais da guerra, articulando progressivamente volumes energéticos cada vez maiores à malha da economia global.

Desse processo resulta a constituição de um sistema energético planetário, cujo ápice coincide com a capacidade de projetar e redistribuir potência em escala mundial. Essa nova configuração, por sua vez, estrutura o comércio contemporâneo, aprofunda interdependências estratégicas e inscreve o próprio sistema energético na lógica não-linear da complexidade, ao mesmo tempo em que viabiliza um salto civilizacional e engendra formas inéditas de vulnerabilidade sistêmica.

1.2 ECONOMIAS ORGÂNICAS E A TERRA COMO FUNDAMENTO PRODUTIVO

Nas seções anteriores, desenhamos uma abordagem geral sobre a complexidade social e do desenvolvimento civilizacional através da termodinâmica, com régua comum da energia, entre dois polos, seja saltar de fase (assim como regredir) e o aumento (diminuição) de fontes energéticas com base os custos marginais da complexidade. Com isso, quisermos ilustrar algumas bifurcações, de que todo salto exige nova manutenção e o colapso ocorre quando a manutenção for menor que a demanda da complexidade somado a pressão sobre energia. Seria muito ingênuo, todavia, começarmos assumindo que essa ferramenta de solução de problemas que é a complexidade e a otimização da energia são fatos exclusivamente humanos. Bem antes de nós, as formigas já haviam descoberto a agricultura, a pecuária e até mesmo a guerra.

Como destacam Ivens e Kronauer (2022), entre os insetos sociais, as formigas estabeleceram sofisticados mecanismos de captação e redistribuição de energia, maximizando fluxos ao converterem secreções de pulgões em alimento, tal como sociedades humanas transformam gramíneas silvestres em trigo⁴⁷. Essa relação simbiótica, tão sofisticada que semelha de um manual de pecuária moderna, remonta, ao final do Eoceno, há cerca de 35

⁴⁷ Os pulgões, relativamente indefesos e sedentários, oferecem uma fonte estável de nutrição para as colônias e elas os conduzem para as partes mais suculentas das plantas, protegem de predadores e os transportam para o abrigo de seus ninhos durante a noite ou em épocas de frio. Para garantir a saúde do "gado", removem os excrementos e eliminam os doentes, evitando surtos de doenças. Em alguns casos, chegam a construir currais ao redor das raízes das plantas, criando um ambiente seguro e produtivo para seus animais.

milhões de anos, e possivelmente até ao Cretáceo, há 75 milhões de anos, como atestam fósseis preservados em âmbar. Por outro lado, para homens e mulheres, esse processo culminou-se somente por volta de 4000 AEC, quando já haviam sido domesticadas todas as espécies fundamentais que sustentam as civilizações contemporâneas, incluindo cereais como trigo, arroz e cevada; tubérculos como a batata; e animais como cães, equinos, bovinos, ovinos e galináceos. No bojo, uma convergência evolutiva de interesses entre humanos e esses organismos, ou expresso, em estabelecer relações simbióticas com determinadas espécies vegetais e animais, transformando-os em veículos para a captura e armazenamento de energia solar:

Por volta de 4000 A. C, em várias partes do mundo, densas populações de agricultores sustentavam os moradores da cidade, hierarquias de especialistas com habilidades como escrita e elites no governo, guerra, religião e manufatura. Com isso, o *Homo sapiens* se autodenominou como a possível espécie-chave do planeta. A palavra "domesticação", como comumente falada e escrita, parece um conceito simples: significa domesticação de certas plantas e animais, muitas vezes com alterações físicas benéficas para os seres humanos. Por exemplo, domesticamos lobos e os transformamos em cães. A palavra pode parecer inadequada quando aplicada a plantas - você diria que domesticamos batatas? - mas isso é apenas uma questão de estilo verbal. Apreendemos espécies de batatas selvagens, que provavelmente tinham tubérculos minúsculos que tinham um gosto ruim e podem até ter deixado os comedores doentes, a menos que fossem descascados, e os criamos até que cumprissem nossas ordens, ou seja, usamos a energia do sol para fazer tubérculos grandes que tinham um gosto bom e deixavam as pessoas gordas e felizes. Mas essa definição e ilustrações de domesticação são excessivamente lisonjeiras para nós como seres humanos. Eles implicam que estamos no banco do motorista de nosso destino, e todos sabemos que isso está longe de ser completamente verdade. Na verdade, a domesticação de plantas e animais não é uma conquista humana única, como controlar o fogo⁴⁸. (Crosby, 2006, p. 27)

A diferença é que atingimos uma escala sem precedentes, como a domesticação do Fogo, ou, ao menos, ainda não tivemos contato com formigas que cozinham ou que construam reatores nucleares, manipulem cadeias de hidrocarbonetos para propulsão aeroespacial, implantem redes elétricas continentais ou operem satélites geoestacionários para sincronizar o fluxo global de dados, bens e capitais.

⁴⁸ By 4000 BP in several parts of the world dense populations of farmers supported city dwellers, hierarchies of specialists with skills like writing, and elites in government, war, religion, and manufacturing. With that, *Homo sapiens* nominated itself as the possible keystone species of the planet. The word "domestication," as commonly spoken and written, seems a simple concept: it means taming of certain plants and animals, often with physical alterations beneficial to humans. For instance, we tamed wolves and made them into dogs. The word may seem inappropriate when applied to plants—would you say we domesticated potatoes?—but that is only a matter of verbal style. We seized species of wild potatoes, which probably had tiny tubers that tasted bad and may even have made eaters sick unless peeled, and bred them until they did our bidding, that is, we used sun energy to make big tubers that tasted good and made people fat and happy. But this definition and illustrations of domestication are overly flattering to us as human beings. They imply that we are in the driver's seat of our destiny, and we all know that that is far from completely true. In fact, the domestication of plants and animals isn't a unique human accomplishment like controlling fire.

Esse salto, num segundo movimento, não foi imediato. De fato, tudo isso teve um começo, alguns milhões de anos depois das formigas. Porém, a situação que a literatura por muito se debate é a razão dela surgir, para os humanos, não há 2,6 milhões de anos atrás no período Pleistoceno, ao invés, na virada ocorrida para o período Holoceno, há 10 mil anos⁴⁹. Embora já dotados de ferramentas, linguagem simbólica e estruturas sociais mínimas, nossos ancestrais permaneceram por centenas de milhares de anos sob o regime de coleta e caça, mantendo-se em densidades populacionais reduzidas e fluxos energéticos de baixa intensidade, ainda organizados sob o que poderíamos qualificar como estabilização termodinâmica aproximado com o ambiente.

A agricultura, produto da Revolução Neolítica, surgiu muito tempo após as condições ideais para sua prática estarem presentes. O Crescente Fértil, considerado o berço dessa prática, já oferecia as condições perfeitas para o cultivo e a domesticação de animais, permitindo a produção de alimentos desde 18.500 ou 28.500 a.C., conforme apontado por Diamond (2015, p. 87). Ao revés, sugere que a produção de alimentos não foi uma descoberta nem uma invenção consciente porque a escolha entre agricultura e caça-coleta não eram opções conhecidas. A maioria de nós tem uma boa ideia de qual desses empregos tentaríamos se de alguma forma uma anomalia temporal nos lançasse de súbito no Pleistoceno ou no Neolítico⁵⁰; sem o contrafactual, a pergunta correta não deveria ser *“por que a agricultura se desenvolveu?”*, mas do *“por que isso ocorreu em alguns lugares e não em outros?”* e *“por que não em data anterior ou posterior?”*.

Segundo essa argumentação, não se trataria de uma ausência de opções, passando a régua, de uma competição histórica entre modos distintos de subsistência. Ao longo do tempo, formas mistas e diversas convivências entre coleta, cultivo e domesticação foram testadas, até que, por força de certas vantagens cumulativas, a produção sistemática de alimentos passou a

⁴⁹ Como coloca Spier (2015, p. 166), “Why did it require 200,000 years for early man to develop agriculture? It may have been that for omnivores such as humans, the bounty of nature provided sufficient and reliable sources of food. It may also have been that an occupation as intellectually sophisticated as farming required a long cultural incubation, developing a language of abstract concepts such as germination of stored seeds and implementing the concepts in social activities. The beginnings of agriculture also coincide with the boundary between the Pleistocene (Ice Age) and the Holocene (Recent Age). Changes in climate led to changes in vegetation and animal species, which may have been more suitable to agriculture. The rate of change has sped up from the earliest hominids onto the cultural domain. Throughout the Holocene, the changes have been anthropogenic, caused by Homo sapiens. Something very major emerged about 10,000 years ago”

⁵⁰ Quem faz esse exercício originalmente é Pollan (2006, p. 365), no contexto de que queremos ser lembrados de como os processos fundamentais que nos sustentam, agora escondidos atrás de uma tela global de complexidade econômica, realmente funcionam. Pode ser pouco mais do que um conceito neste momento, mas gostamos de pensar em nós mesmos como autossuficientes, mas se fossemos regredir dessa complexidade: “whether he's drawn to the patient and solitary attentiveness of fishing, the strict mathematical syntax of building, the emotional drama of the hunt, or the mostly comic dialogue with other species that unfolds in the garden”

prevalecer. A questão, portanto, não existiria na escolha dos humanos pelo cultivo; encontra-se na razão pela qual, em determinados contextos, essa prática se revelou mais eficaz e duradoura do que suas alternativas. A resposta, por força desse passo, que Diamond (2013, p. 92) nos dá é de que:

Nestas duas últimas datas, a caça-coleta ainda era muito mais compensadora do que a incipiente produção de alimentos, porque os mamíferos selvagens ainda eram abundantes; os cereais silvestres não eram abundantes; os povos ainda não tinham desenvolvido a tecnologia necessária para coletar, processar e estocar os cereais de modo eficiente; e as densidades populacionais humanas ainda não eram suficientemente elevadas para que fosse feito um grande esforço para a obtenção de mais calorias por hectare. Um último fator na transição tornou-se decisivo nos limites geográficos que separavam caçadores-coletores e agricultores. As populações mais densas dos produtores de alimentos permitiram que eles desalojassem ou matassem caçadores-coletores apenas por sua quantidade, para não mencionar as outras vantagens associadas à produção de alimentos.

Reescrevendo isso em consenso com o que trabalhamos na seção anterior, poderíamos dizer que na hipótese de um regime humano operando sob baixa densidade populacional e estabilidade ecológica, a pressão por excedentes energéticos não se impunha como imperativo. Entretanto, com o progressivo aumento da densidade demográfica e a saturação dos recursos acessíveis via caça-coleta, o sistema passou a experimentar instabilidades que o afastaram do equilíbrio anterior. Duas trajetórias: a persistência no regime forrageador, com crescente competição e declínio demográfico, ou a reorganização em torno de uma forma de uso da terra capaz de produzir mais calorias por hectare, isto é, a agricultura. Um bom resumo sobre esse papel é dado por Spier (2011, p. 54-55):

A transformação em regime agrário levou a mudanças sociais. Como as pessoas se tornaram mais ligadas à terra em que trabalhavam, começaram a viver mais próximas e em maior número do que nunca. Isso levou a uma crescente divisão social do trabalho. No entanto, essas sociedades, que eram amplamente baseadas no parentesco, permaneceram comparativamente igualitárias. Com certeza, ao longo do tempo, as sociedades agrárias tornaram-se mais hierárquicas. No entanto, enquanto houvesse espaço suficiente para se mover, nenhum grupo poderoso poderia se impor aos outros por muito tempo. Depois de cerca de cinco mil anos, no entanto, a revolução agrária levou a uma transformação de regime social muito importante: o surgimento dos estados. Em sua essência mais básica, os Estados são regimes sociais cuja elite conseguiu monopolizar os importantes meios de violência, pelo menos na medida em que são capazes de dominar o Estado. Em última análise, isso significava aproveitar importantes fluxos de matéria e energia e negá-los a outros. Isso inevitavelmente envolvia tributação: a canalização de fluxos de matéria e energia produzidos por outros. A formação inicial do estado significou que, pela primeira vez na história, os humanos começaram a explorar sistematicamente outros humanos como fontes de matéria e energia. Nos centros dos primeiros estados, isso levou ao aumento da complexidade cultural, enquanto as formas locais independentes de complexidade diminuíram⁵¹.

⁵¹ The transformation into an agrarian regime led to social change. Because people became more tied to the land they worked, they began to live closer together and in greater numbers than ever before. This led to an increasing social division of labour. Yet these societies, which were largely based on kinship, remained comparatively egalitarian. To be sure, over the course of time agrarian societies became more hierarchical. Yet as long as there

Em termos, a transição para o regime agrário intensificou a fixação à terra, aumentando a densidade populacional e a divisão do trabalho, e, em resultado, manteve sociedades relativamente igualitárias. Até que, após milênios, o controle da violência e dos recursos por elites levou ao surgimento dos Estados, marcando o início da exploração sistemática de humanos por humanos e concentrando complexidade cultural nos centros de poder.

No entanto, é importante destacar que a própria exceção, representada por sociedades forrageadoras que alcançaram elevada complexidade social sem transição agrícola, confirma o padrão subjacente de sedentarização técnica que se consolidou à reorganização baseada na energia porque sua existência estava associada à exploração de recursos marinhos migratórios de altíssima densidade energética, como salmões e baleias. Essas sociedades complexas no Paleolítico estavam ligadas a sazonalidade previsível e facilidade de conservação de tais fontes que permitiam acumular excedentes significativos que sustentavam populações maiores, possibilitando sedentarismo, cooperação técnica e hierarquização social. Isso, quanto, num processo de autocatálise social da alta eficiência energética criava ciclos virtuosos de mais pessoas, mais caçadores, maior sucesso, mais excedente, maior complexidade social:

(...) a complexidade social bem documentada dos grupos do Paleolítico Superior no sudoeste da França baseava-se na alta produtividade das regiões mais meridionais da tundra aberta ou vegetação do tipo estepe do continente, as quais sustentavam os maiores rebanhos de herbívoros da Europa periglacial. As maiores densidades populacionais entre sociedades de coleta estavam associadas à exploração de recursos marinhos. A coleta marítima caracterizava-se por elevada biomassa e diversidade de recursos, dependência de espécies migratórias, sedentarismo, complexidade técnica, exploração cooperativa dos recursos, alta produtividade per capita, territorialidade, competição por recursos e conflitos armados. Enquanto os grupos forrageiros geralmente eram compostos por 20 a 50 pessoas, os assentamentos da região noroeste do Pacífico abrigavam comumente várias centenas de pessoas em estruturas de madeira bem construídas. A abundância sazonal de salmão e sua preservação por defumação constituíam a base energética dessa densidade populacional extraordinária e da consequente complexidade social. Comparado ao bacalhau (3,2 MJ/kg) ou ao peixe-branco (6,3 MJ/kg), o salmão chinook fornece cerca de 9,1 MJ/kg, principalmente devido ao seu elevado teor de gordura (15%). Os efeitos do alto valor energético dos alimentos provenientes de espécies marinhas migratórias ficam ainda mais evidentes no caso dos inuítes do noroeste do Alasca. Apesar do ambiente extremamente hostil e da baixa e imprevisível densidade de grandes mamíferos terrestres, esses grupos conseguiam garantir um excedente energético alimentar em menos de quatro meses de caça litorânea de baleias-de-barbas durante a migração. Os cálculos de Sheehan (1985) para quatro assentamentos pré-contato, totalizando cerca de 2.600 pessoas, indicam que mesmo uma estimativa mínima da caça às baleias-de-barbas poderia — em conjunto com a exploração complementar de morsas, belugas,

was enough room to move, no powerful group could impose itself upon others for long. After about five thousand years, however, the agrarian revolution led to a most important social regime transformation: the emergence of states. In its barest essence, states are social regimes the elite of which has succeeded in monopolizing the important means of violence, at least to the extent that they are able to dominate the state. In the final analysis, this meant harnessing important matter and energy flows and denying them to others. This inevitably involved taxation: the channelling of matter and energy flows produced by others. Early state formation meant that for the first time in history, humans began to systematically exploit other humans as matter and energy sources. In the centers of early states this led to increasing cultural complexity, while independent local forms of complexity declined.

várias espécies de focas e peixes — gerar excedentes alimentares. De fato, a morsa e a foca-barbuda eram em grande parte destinadas à obtenção de matéria-prima e alimentação de cães. A enorme massa da baleia-de-barbas (mesmo os exemplares juvenis mais comumente abatidos, com cerca de dois anos, pesavam em média quase 12 toneladas), sua incomparável densidade energética (cerca de 36 MJ/kg para a gordura, 22 MJ/kg para o *mukluk*, mistura de pele e gordura), e sua facilidade de armazenamento em câmaras subterrâneas no permafrost ofereciam um retorno energético líquido cerca de 2.000 vezes superior ao esforço empregado — sem paralelo em qualquer outra forma de caça — e sustentavam assentamentos permanentes de grande porte e notável complexidade social. Essa adaptação apresentava um caráter autocatalítico: mais pessoas nos assentamentos significavam mais tripulações para a caça às baleias, o que aumentava as chances de avistamento e sucesso nas caçadas⁵² (Smil, 2008, p. 144-145)

Reatualizando o enredo, mesmo onde a agricultura não se impôs, a lógica que sustenta o sedentarismo técnico, a intensificação produtiva e a formação de estruturas sociais mais complexas ainda se articulava à gestão estratégica da energia. Demonstrando, igualmente, que a organização social gravita, em última instância, em torno da captura, distribuição e estabilização de fluxos energéticos elevados. Os limites ao crescimento populacional, nesses casos, não derivaram da mera disponibilidade de alimento. Resultaram, sobretudo, da necessidade de caçar espécies marinhas e terrestres para extrair matérias-primas empregadas na confecção de roupas, tendões, utensílios de cama, ferramentas de caça, bolsas, boias e coberturas.

A essa exigência somou-se a necessidade de desenvolver métodos extensivos de conservação e estocagem. Tais métodos, pela sua complexidade e diversidade, incluem o uso do permafrost para refrigeração natural, a secagem e defumação de peixes, ovas, mariscos,

⁵² social complexity of the Upper Paleolithic groups of southwestern France was based on the high productivity of the continent's most southerly open tundra or steppe-like vegetation, which supported the largest herbivorous herds in the periglacial Europe (Mellars 1985). The highest population densities in foraging were associated with exploitation of marine resources. Maritime foraging was marked by high biomass and high resource diversity, reliance on migratory species, sedentism, technical complexity, cooperative resource exploitation, high per capita productivity, territoriality, resource competition, and warfare (Yesner 1980). Whereas foraging groups typically comprised 20–50 people, the Pacific Northwest's settlements commonly housed (in well-built wooden structures) several hundred people. The seasonal abundance of salmon and its preservation by smoking constituted the energetic basis of this extraordinary population density and resultant social complexity. Compared to cod (3.2 MJ/kg) or whitefish (6.3 MJ/kg), chinook salmon yields about 9.1 MJ/kg, largely owing to its high fat content (15%). The effects of the high food energy value of migratory marine species are even better demonstrated in the case of Northwestern Alaskan Inuit. Despite an extremely harsh environment, and low and unpredictable density of large land mammals, these groups were able to secure a food energy surplus in less than four months of near shore hunting of baleen whales during their migration. Sheehan's (1985) calculations for four precontact settlements with a total of about 2,600 people show that even a minimum estimate of the baleen whale harvest could— together with subsidiary exploitation of walrus, beluga whales, several seal species, and fish—result in food surpluses. Indeed, walrus and bearded seal were mostly taken for raw materials and dog food. The baleen whale's huge mass (even the most commonly landed immature 2-year-olds averaged nearly 12 t), its incomparable food energy density (@36 MJ/kg for blubber, 22 MJ/kg for mukluk, skin and blubber), and its easy storage in permafrost cellars offered a roughly 2000-fold net energy return (unmatchable by any other form of hunting) and supported large permanent settlements and impressive social complexity. This adaptation appeared to be self-amplifying: more people in settlements could field more whaling crews, resulting in more sightings and higher chances of hunting success. Eventual limits on population growth were imposed not by food but by the need to hunt the marine and land species for raw materials to make clothing, sinews, bedding, hunting equipment, bags, floats, and covers.

algas, frutas silvestres e carnes. Envolvem também a preservação de sementes, raízes e óleos animais em recipientes de barro ou em preparações alimentares de maior durabilidade. Com isso, ampliou-se a autonomia dos grupos diante dos ciclos naturais. Ao mesmo tempo, redefiniram-se profundamente suas estruturas sociais e cognitivas. Isso é que Smil (2008) coloca de que o armazenamento alimentar em larga escala e de longo prazo induziu uma nova percepção do tempo, do trabalho e da própria natureza, instaurando uma racionalidade voltada à antecipação, à coordenação e à gestão estratégica das atividades produtivas.

A preparação de ferramentas, a manutenção de artefatos e a construção de sistemas de estocagem passaram, por força desse, a se concentrar nos períodos de menor pressão ambiental, o que favoreceu o adensamento populacional, ao passo que inviabilizou qualquer retorno a formas anteriores de organização sem perdas demográficas significativas. Uma vez dominado esse padrão, qualquer retorno a formas anteriores de organização implicaria queda acentuada nas densidades populacionais vigentes. Ao escolher, ou melhor, ao estabilizar-se, nessa direção técnica no amparo biofísico, o sistema social, antes marcada por ciclos dispersos de expansão e retração, passou a exibir padrões cumulativos de crescimento, assentando as bases sobre as quais emergiram cidades, redes comerciais e sistemas administrativos cada vez mais integrados. Entre os 10 mil anos que nos separam disso, 9 mil e mais três quartos, transcorreram sob esse regime energético, que, embora possa parecer rudimentar à luz do século XXI, viabilizou a intensificação populacional, a diversificação ocupacional e o alargamento das estruturas políticas. Na sequência, voltamos nossa atenção a esse arranjo específico, o das Economias Orgânicas, a fim de compreender como a terra, em sua materialidade e em sua finitude, delineou os contornos da complexidade que então se ergueu e que, ao mesmo tempo, começou a projetar os limites de sua continuidade.

1.2.1 Revolução Agrícola e o Regime Agro cultural e de Energia “Somática”

Não causa surpresa reconhecer, como vimos reiterando ao longo do texto, que, antes da Revolução Industrial, os únicos conversores relevantes de energia solar acessíveis à ação humana eram de natureza biológica. Entre eles, destacavam-se as plantas, organismos capazes de transformar a radiação solar em biomassa por meio da fotossíntese. Foi essa propriedade singular que estruturou o regime energético predominante, sustentando todas as cadeias alimentares conhecidas (Smil, 1994; 2017). A domesticação deste processo constitui a base da agricultura, como uma forma de engenharia ecológica destinada a otimizar a conversão energética. Ela opera substituindo ecossistemas biodiversos por monoculturas e rebanhos, além

de concentrar coletores biológicos em territórios controlados. O objetivo é maximizar o aproveitamento da energia solar e reorganizar as dinâmicas ambientais para obter previsibilidade e produtividade:

Cerca de 10.000 anos atrás, quando havia cerca de 1 a 10 milhões de humanos no globo, eles começaram a transformar profundamente sua relação com o mundo natural por meio da domesticação de plantas e animais. Ao fazer isso, os humanos intensificaram muito sua competição com outras espécies em relação à captura de energia solar. Pois, ao domesticar plantas e animais desejados, bem como ao excluir outras espécies que não eram consideradas produtivas, os humanos começaram a controlar a captura de energia solar que caía nas áreas onde essas plantas e animais úteis cresciam. As áreas não domesticadas geralmente apresentam uma grande biodiversidade, dentro da qual todas as espécies juntas conseguem capturar energia solar de forma muito eficiente como resultado de sua competição por esse recurso escasso. Quando os humanos começaram a praticar a agricultura e a manter os animais, eles simplificaram muito a ecologia, porque buscavam eliminar todas as espécies consideradas prejudiciais. Como resultado, nessas áreas domesticadas, as plantas começaram a capturar menos energia solar que caía sobre elas. Do ponto de vista humano, no entanto, essas áreas produziram energia mais útil. A ascensão da agricultura pode, portanto, ser resumida como esforços humanos que visavam concentrar coletores bio-solares úteis (plantas) e conversores de bioenergia (animais) em certas áreas para melhorar a conversão de energia solar em formas de bioenergia que eram úteis para manter ou melhorar a complexidade humana⁵³ (Spier, 2015, p. 220).

Com excedentes alimentares, as sociedades puderam sustentar populações maiores, desenvolver especializações laborais e construir estruturas sociais e políticas mais complexas. McNeil (2000) afirma que a agricultura itinerante aumentou em 10 vezes a energia disponível comparada à caça e coleta, e a agricultura estabelecida multiplicou essa energia por 10 novamente. Isso iniciou uma transformação significativa na relação entre humanos e o ambiente, culminando no "Regime Agro cultural" descrito por Niele (2005), com crescimento na disponibilidade de alimentos e densidade populacional.

⁵³ Around 10,000 years ago, when there were about 1–10 million humans on the globe, they began to profoundly transform their relationship with the natural world through the domestication of plants and animals. In doing so, humans greatly intensified their competition with other species concerning the capture of solar energy. For by domesticating desired plants and animals, as well as by excluding other species that were not considered productive, humans began to control the capture of solar energy that fell on areas where these useful plants and animals grew. Undomesticated areas usually show a large biodiversity, within which all the species together succeed in capturing solar energy very efficiently as a result of their competition for this scarce resource. When humans began to practice agriculture and hold animals, they greatly simplified the ecology, because they sought to eliminate all those species that were considered harmful. As a result, in such domesticated areas, plants began to capture less solar energy that fell on them. From a human point of view, however, these areas yielded more useful energy. The rise of agriculture can thus be summarized as human efforts that were aimed at concentrating useful bio-solar collectors (plants) and bio-energy converters (animals) within certain areas to improve the conversion of solar energy into forms of bio-energy that were helpful for maintaining or improving human complexity.

Significa que, ao domesticar plantas e animais, os humanos criaram um metabolismo social, no qual a terra se tornou um sumidouro de energia⁵⁴. Esse regime, a agricultura foi uma revolução da energia solar em uma descrição literal do papel central da terra como mediadora entre o sol e as sociedades humanas. Como o próprio autor coloca, enquanto o forrageamento permitia sustentar entre 0,01 e 1 pessoa por quilômetro quadrado, o cultivo itinerante elevou esse número para algo entre 10 e 15, alcançando, com a consolidação do nodo regime, valores ainda mais elevados, situando-se entre 100 e 800 pessoas por quilômetro quadrado, refletindo um aumento na produção de alimentos de 3 a 4 ordens de magnitude.

O último fator decisivo na transição foi a separação geográfica entre caçadores-coletores e agricultores. Diamond (2013) sugere que as populações mais densas de agricultores permitiram que eles desalojassem ou matassem caçadores-coletores devido à sua quantidade, além das vantagens da produção de alimentos, como tecnologia. O lugar base da madeira na evolução da civilização, enquanto material para atender às suas crescentes necessidades de construção e energia⁵⁵, e do seu desmatamento abrir as extensões de espaço aberto para o desenvolvimento da agricultura em uma escala maior.

À medida que os grandes animais foram domesticados, as sociedades adquiriram maior potência muscular e energia mecânica de forma mais concentrada. A utilização de bois para aragem e de cavalos ou camelos para transporte proporcionou grandes avanços. Os bois, por exemplo, podiam arar solos pesados, abrindo novas possibilidades alimentares e permitindo um aumento populacional e do número de bois, num ciclo de feedback positivo que fortaleceu o regime que McNeil (2000) denomina "energia somática", a energia celular convertida a partir das mitocôndrias humanas. O máximo que qualquer sociedade poderia dedicar a tarefas específicas, como cavar valas, construir barragens ou guerrear, dependia majoritariamente de pessoas e animais como principais fontes de energia mecânica. Esta era a reserva energética, ou

⁵⁴ Como Niele (2005, p. 55) coloca: "Agroculture, like pyroculture, is a societal energy-dissipating structure. It evolved along a trajectory of complexifying societal states, utilising constantly more solar energy. The agrocltural food flow became the driving force of human development, shaped by creative people and their self-made tools. Numerous new properties emerged from the agrocltural energy-dissipating structures, among which are crafts, villages, a growing population and new energy chains. Cooking 'escalated' from preparing the meal to making glass and brick, to ironworks. And just like with the evolution of biological species, agrocltural evolution produced uniformity besides diversity, as is evident in emergent properties such as the alphabet, time and Money"

⁵⁵ Como coloca Perlin, 1989, p.26), ao longo dos tempos, as árvores forneceram o material para fazer fogo, cujo calor permitiu que nossa espécie remodelasse a terra para seu uso. Com o calor das fogueiras, climas relativamente frios tornaram-se habitáveis; grãos não comestíveis foram transformados em uma importante fonte de alimento; a argila pode ser convertida em cerâmica, servindo como recipientes úteis para armazenar mercadorias; as pessoas podiam extrair metal da pedra, revolucionando os implementos usados na agricultura, artesanato e guerra; e os construtores poderiam fazer materiais de construção duráveis, como tijolo, cimento, cal, gesso e telha para habitação e instalações de armazenamento. O carvão e a madeira também forneciam o calor necessário para evaporar a salmoura da água do mar para fazer sal; derreter potássio e areia em vidro; assar grãos em pão; e ferver misturas em produtos úteis, como corantes e sabão

o estabilizador, das sociedades, assegurando seu funcionamento tanto nos grandes Estados (a população) quanto a nível micro (animais domesticados para o trabalho):

Uma característica interessante do regime de energia somática foi seu sucesso no armazenamento de energia. Na forma de calor, luz ou mesmo eletricidade, a energia é difícil de armazenar. A energia eólica e solar direta continua difícil de armazenar, mesmo com as tecnologias do final do século XX. A energia química na forma de plantas também é difícil de armazenar, embora com condições favoráveis e técnicas apropriadas algumas safras possam ser armazenadas por alguns anos, embora com considerável desperdício. Os caprichos do clima e as pragas das plantações fizeram com que o suprimento de alimentos variasse muito de estação para estação e de ano para ano nas sociedades pré-industriais. Isso criou um problema para a sociedade como um todo e para seus governantes, pois o suprimento de energia disponível flutuou de forma incontrolável e imprevisível ao longo do tempo. Para os governantes, o estoque de populações humanas e de animais domésticos servia como um estoque de energia, um volante no sistema de energia da sociedade. Eles poderiam ser colocados para trabalhar se a fonte primária de energia - plantações - fosse abundante ou escassa. O estoque poderia ser acumulado em tempos gordos e reduzido em tempos difíceis, mas em praticamente todos os momentos os governantes podiam colocar as mãos em pessoas e animais para seus empreendimentos. Para as pessoas comuns, o gado servia ao mesmo propósito. Eles eram um estoque de energia, que poderia ser invadido quando necessário para equilibrar os fluxos de energia, apesar do suprimento inevitavelmente desigual de alimentos básicos. Isso forneceu às famílias um volante em seus sistemas domésticos de energia, proporcional em tamanho à quantidade de animais que possuíam (ou podiam comprar quando necessário)⁵⁶. (McNeil, 2000, p. 35)

Mas todas essas inovações, demandaram também uma nova organização social, na aquisição de novas formas de conduta social em construir novas formas de complexidade que incluía habitação, locais de armazenamento, cerâmica e ferramentas agrícolas que não existiam antes.

Os primeiros agricultores não podiam, por exemplo, consumir mais todos os alimentos disponíveis, como costumavam fazer os coletores e caçadores. Comer as sementes ou esgotar o suprimento de alimentos bem antes da próxima colheita teria significado um desastre. Além disso, eles tiveram que adaptar seu ritmo de trabalho ao ciclo agrícola, que incluía semeadura, capina e colheita. Isso levou à invenção de maneiras de determinar o momento apropriado para fazê-lo, que muitas vezes era regimentado na forma de calendários cíclicos baseados nos movimentos de corpos celestes, como o sol, a lua, bem como constelações estelares proeminentes, como as Plêiades. Pode muito bem ser que, ao fazer isso, as primeiras sociedades agrárias tenham começado a definir os primeiros conceitos de tempo. Alcançar o sucesso na pecuária também

⁵⁶ An interesting feature of the somatic energy regime was its success in storing energy. In the form of heat or light or even electricity, energy is hard to store. Wind and direct solar power remain hard to store even with late twentieth-century technologies. Chemical energy in the form of plants is also hard to store, although with favorable conditions and appropriate techniques some crops can be stored for a few years, albeit with considerable wastage. The vagaries of weather and crop pests caused the supply of food to vary greatly from season to season and year to year in preindustrial societies. This created a problem for society as a whole, and for its rulers, in that the available energy supply fluctuated uncontrollably and unpredictably over time. For rulers, the stock of human and domestic animal populations served as an energy store, a flywheel in the society's energy system. They could be put to work whether the primary energy source—plant crops—was bountiful or scarce. The stock could be built up in fat times and drawn down in lean times, but at virtually all times rulers could lay their hands on people and animals for their enterprises. For ordinary people, livestock served the same purpose. They were a store of energy, one that could be raided when necessary to even out energy flows despite the inevitably uneven supply of staple foods. This provided households a flywheel in their domestic energy systems, proportional in size to the quantity of animals they owned (or could buy when needed).

exigiu novas formas de autodisciplina. Os pastores nômades emergentes tiveram que aprender a administrar seus rebanhos em crescimento, bem como a não abater seus animais à vontade. Como consequência, eles também precisavam desenvolver novas formas de previsão e disciplina. Tais padrões de conduta não eram inatos. Eles tinham que ser aprendidos. Durante o mesmo período, os primeiros agricultores começaram a abandonar os padrões de conduta característicos dos regimes de caçadores-coletores⁵⁷. (Spier, 2015, p. 236)

Em linha, maior invenção da Revolução Agrícola junto ao excelente energético foi o próprio homem disciplinado, capaz de seguir regras abstratas para fazer tal sistema funcionar. Ao exigir o armazenamento de sementes, a observação sistemática de ciclos naturais e o desenvolvimento de técnicas de manejo de rebanhos, surgiram novas formas de organização temporal e espacial, promoveu-se a institucionalização de sistemas de medição do tempo (calendários), o estabelecimento de normas sociais para o controle de recursos; e a diferenciação de papéis sociais baseados em conhecimento especializado. Ao transformar a terra em um mecanismo de captura e armazenamento de energia, os humanos reinventaram a própria relação entre natureza e cultura, um fenômeno que Niele descreve como uma estrutura social de dissipação energética, cuja evolução impulsionou a complexidade social:

A agrocultura, como a pirocultura, é uma estrutura social de dissipação de energia. Ele evoluiu ao longo de uma trajetória de complexificação de estados sociais, utilizando constantemente mais energia solar. O fluxo agrocultural de alimentos tornou-se a força motriz do desenvolvimento humano, moldado por pessoas criativas e suas ferramentas feitas por eles mesmos. Inúmeras novas propriedades surgiram das estruturas agroculturais de dissipação de energia, entre as quais artesanato, aldeias, uma população crescente e novas cadeias de energia. Cozinhar 'aumentou' da preparação da refeição para a fabricação de vidro e tijolo, para siderúrgicas. E, assim como na evolução das espécies biológicas, a evolução agrocultural produziu uniformidade além da diversidade, como é evidente em propriedades emergentes como o alfabeto, o tempo e o dinheiro⁵⁸. (Niele, 2005, p. 95)

⁵⁷ The transition to an agrarian regime required the acquisition of new forms of social conduct. The early farmers could, for instance, no longer consume all the available food, as gatherers and hunters used to do. Eating the seeds or exhausting the food supply well before the next harvest would have spelled disaster. Furthermore, they had to adapt their work rhythm to the agricultural cycle, which included sowing, weeding and harvesting. This led to the invention of ways to determine the appropriate time for doing so, which was often regimented in the form of cyclical calendars based on the movements of celestial bodies such as the sun, the moon as well as prominent stellar constellations such as the Pleiades. It may well be that by doing so, early agrarian societies began to define the first concepts of time. Attaining success in animal husbandry also required new forms of self-discipline. The emerging nomadic pastoralists had to learn how to manage their growing herds as well as not to slaughter their animals at will. As a consequence, they too needed to develop novel forms of foresight and discipline. Such standards of conduct were not inborn. They had to be learned. During the same period, the early agriculturalists began to abandon the standards of conduct characteristic of gatherer-hunter regimes.

⁵⁸ Agroculture, like pyroculture, is a societal energy-dissipating structure. It evolved along a trajectory of complexifying societal states, utilizing constantly more solar energy. The agrocultural food flow became the driving force of human development, shaped by creative people and their self-made tools. Numerous new properties emerged from the agrocultural energy-dissipating structures, among which are crafts, villages, a growing population and new energy chains. Cooking 'escalated' from preparing the meal to making glass and brick, to ironworks. And just like with the evolution of biological species, agrocultural evolution produced uniformity besides diversity, as is evident in emergent properties such as the alphabet, time and money.

Vale o destaque, porém, de que a formação de Estados não foi uma transformação do regime ecológico. No cerne da questão, de uma evolução na exploração humana: armas e exércitos transformaram a extração de recursos de pessoas, enquanto técnicas agrícolas permaneceram estagnadas até a Revolução Industrial:

Nenhuma nova técnica foi pioneira a ponto de revolucionar a extração de matéria e energia do ambiente ao redor. Certamente, invenções foram feitas, algumas mais importantes que outras, notavelmente a exploração crescente de fluxos de energia do vento e da água – ambos derivados da energia solar. Em algumas áreas, as pessoas começaram a minerar carvão e outras substâncias combustíveis. No entanto, até a Revolução Industrial, as maneiras como as pessoas extraíam matéria e energia do ambiente e as utilizavam para propósitos produtivos mudaram pouco, de fato. As técnicas que facilitaram a extração de matéria e energia de outras pessoas, por outro lado, notadamente armas e exércitos, sofreram mudanças revolucionárias. Uma nova dinâmica de crescente competição social havia começado, o que levou ao crescimento e à expansão dos estados às custas de agricultores independentes, pastores e caçadores-coletores. Levou cerca de cinco mil anos antes que o processo fosse (quase) concluído, no entanto, foi dessa maneira que os estados começaram a se espalhar pelo mundo. Certamente, por muito tempo, sociedades tribais com poder destrutivo suficiente – os mongóis provavelmente oferecem o exemplo mais claro – ainda podiam dominar alguns estados. Mas, para se manter no poder, os invasores não podiam manter seu status tribal e sua dominância sobre as sociedades estatais por muito tempo. Se os conquistadores desejassem consolidar seu poder, teriam que adotar os estilos de vida das sociedades complexas que haviam conquistado⁵⁹. (Spier, 2011, p. 56)

Quer dizer, enquanto técnicas de conversão energética permaneciam estagnadas, a guerra e a tributação tornaram-se as verdadeiras inovações do poder estatal. Que não o fez deixar de esbarrar desse limite de depender quase exclusivamente de sol, vento, água e músculos humanos/animais na forma de um teto produtivo intransponível. A dominação social podia se expandir, mas, a base material não. Essa contradição só seria rompida com os combustíveis fósseis, mais claramente, quando a pilhagem deixou de ser apenas sobre humanos e passou a sugar a Terra em escala geológica.

⁵⁹ State formation was not an ecological regime transformation. No new techniques were pioneered that would revolutionize the extraction of matter and energy from the surrounding environment. Certainly, inventions were made, some more important than others, most notably the increasing exploitation of energy flows from wind and water – both derived from solar energy. In some areas, people began mining coal and other combustible substances. Yet up until the Industrial Revolution, the ways in which people extracted matter and energy from the environment and used it for productive purposes in fact changed little. The techniques that facilitated the extraction of matter and energy from other people, by contrast, most notably arms and armies, underwent revolutionary change. A new dynamics of growing social competition had begun, which led to the growth and expansion of states at the expense of independent farmers, herders and gatherer-hunters. It took about five thousand years before the process would be (almost) completed, yet this was the way states began to spread all across the world. To be sure, for a long time, tribal societies with sufficient destructive power – the Mongols offer probably the clearest example – could still overpower some states. But, in order to stay in power, the invaders could not maintain both their tribal status and their dominance over state societies for long. If the conquerors wished to consolidate their power, they had to adopt the lifestyles of the complex societies they had conquered.

1.2.2 Limites das Economias Orgânicas

Como já se tornou evidente, a agricultura permitiu o surgimento de bolsões de sociedades organizadas, introduzindo simultaneamente novas formas de entropia. Foi ela o primeiro grande salto na capacidade humana de sustentar formas complexas de organização social, pois estabilizou a base energética disponível e permitiu a formação de sistemas dissipativos mais densos e territorialmente fixos. De outra parte, essa transformação inaugurou também novas formas de desequilíbrio, ao caso de o adensamento da territorial trazer consigo um aumento da entropia interna dos sistemas, exigindo formas cada vez mais sofisticadas de gestão de energia, restos e coesão social. No cerne, do encurtamento das margens de escape que, no contexto caçador-coletor, funcionavam como válvulas de dispersão da desordem. Nesse novo contexto, a mobilidade era reduzida e os resíduos se acumulavam:

Construir todas essas novas formas de complexidade exigiu novas habilidades, bem como um kit de ferramentas mais variado. Como resultado, surgiu uma divisão do trabalho na forma de especialistas em meio período que se tornaram especialistas na produção de tais coisas. No entanto, parece que esses trabalhadores qualificados emergentes ganhavam a vida antes de tudo com a agricultura. Ainda hoje, tal situação ainda pode ser observada em comunidades agrícolas amplamente autossuficientes. Como resultado de sua crescente produção de complexidade, os primeiros agricultores também começaram a gerar quantidades crescentes de entropia. Embora a maioria dos coletores e caçadores nômades tivesse se mudado para outro lugar quando as coisas se tornassem muito desorganizadas e sujas, isso não era mais uma opção para os primeiros agricultores. Não se sabe bem como os antigos agricultores enfrentaram esses problemas, mas a produção notavelmente precoce de bebidas fermentadas (provavelmente para uso diário) pode ter sido uma solução para o problema de como lidar com o abastecimento de água contaminado pela entropia gerada por grandes concentrações de humanos e animais como resultado de suas funções corporais⁶⁰ (Spier, 2015, p. 236)

No eco das consequências reais, o adensamento funcional das estruturas sociais implicava um aumento progressivo nos custos entrópicos. À medida que perdiam eficiência na dissipação espontânea, esses sistemas deixavam de contar com o alívio proporcionado pelo deslocamento espacial (expediente possível em sociedades nômades). Com isso, a pressão sobre os ciclos naturais locais se intensificava, tornando-se cada vez mais difícil de contornar. No exemplo de Spier (2015) de formas mínimas de regulação bioquímica do cotidiano do álcool

⁶⁰ Constructing all of these new forms of complexity required novel skills as well as a more varied tool kit. As a result, a division of labor emerged in the form of part-time specialists who became experts at producing such things. Yet it appears that these emerging skilled workers first of all made a living through agriculture. Even today, such a situation can still be observed in largely self-supporting agricultural communities.³⁵ As a result of their increasing production of complexity, early farmers also began to generate growing amounts of entropy. While most nomadic gatherers and hunters would have moved elsewhere when things became too disorganized and dirty, this was no longer an option for early farmers.³⁶ It is not well known how the ancient farmers tackled these problems, but the remarkably early production of fermented drinks (probably for everyday use) may have been a solution for the problem of how to deal with water supplies contaminated by the entropy generated by large concentrations of humans and animals as a result of their bodily functions

em amortecer os efeitos psíquicos e sociais. Esse era limitado ao nômades com regras rígidas devido a necessidade de pastoreio e montar a cavalo e, por outro lado, prática comum nos grupos sedentários agrícolas. Nesse mesmo regime, a intensificação dos contatos entre humanos e animais domesticados alterou a estrutura ecológica dos assentamentos e simultaneamente favoreceu a proliferação de doenças infecciosas. Essa situação exigia esforços constantes para desenvolver estratégias de cura, que, por sua vez, retroalimentavam a complexidade do sistema. Nisso, cabe recordar a crítica de Smil (2008, p. 387-388), já mencionada anteriormente.

De todo modo, como já reiterado, a emergência do Estado tornou-se um traço comum entre seis e cinco mil anos atrás, período em que a população mundial havia crescido para algo entre 25 e 50 milhões de pessoas. Foi nesse intervalo que os primeiros estados evoluíram, estabelecendo novas formas de organização e controle social. Porém, tratava-se de sociedades com cerca de cinco mil pessoas ou mais, marcadas por uma notável diferenciação social e por formas inéditas de organização, o que Spier (2015) denomina “complexidade artificial”. Nesse contexto, desenvolveram-se culturas sofisticadas, religiões universais, sistemas matemáticos e expressões artísticas elaboradas. Ainda assim, essas sociedades não eram capazes de garantir sequer a ampla distribuição de bens simples, como calçados para a maioria da população, ou a circulação generalizada de informações.

A humanidade atingiu um teto na utilização da energia solar. Os esforços combinados de um milhão de escravos não conseguiram levar libras de açúcar das Índias Ocidentais ou do Brasil para a Europa mais rápido do que um veleiro. O trabalho de um milhão de fabricantes de velas romanas não conseguia produzir luz suficiente para permitir a realização de jogos altos no Coliseu de sua cidade. A humanidade poderia produzir o Islã e o budismo, álgebra e cálculo, Shakespeare e Palestrina, mas não poderia produzir sapatos decentes para mais do que uma minoria daqueles que precisavam deles, ou tipografia, papel e tinta suficientes para um único jornal diário com uma circulação de um milhão, ou um meio de ir de Roma a Paris em menos de uma semana. A humanidade precisava de um milagre energético proporcional à domesticação do fogo se quisesse se tornar o valentão da biosfera⁶¹. (Crosby, 2006, p. 60)

Essas pressões corroboram a limitação central das economias orgânicas, pois, conforme formulado na seção inicial, estamos diante de sistemas dissipativos organizados a partir de fluxos de baixa densidade de potência, que dependem da energia solar transformada em biomassa. Nesses sistemas, os corpos humanos e animais, que representam os principais vetores

⁶¹ Humanity had hit a ceiling in its utilization of sun energy. The combined efforts of a million slaves could not get pound a of West Indian or Brazilian sugar to Europe faster than a sailing ship. The labor of a million Roman candlemakers could not produce enough light to permit the staging of hight games in their city's Colosseum. Humanity could produce Islamand Buddhism, algebra and calculus, Shakespeare and Palestrina, but it couldn't produce decent shoes for more than a minority of those who needed them, or enough type, paper, and ink for a single daily newspaper with a circulation of a million, or a means to get from Rome to Paris in less than a week. Humanity required an energy miracle commensurate with its domestication of fire if it was to become the bully of the biosphere.

de trabalho, tornam-se os maiores limitadores da complexidade organizacional, justamente porque a maior parte da energia ingerida é dissipada no sustento das funções vitais básicas, reduzindo, em que pese, a disponibilidade energética para a ampliação das estruturas sociais.

Quão observa Wrigley (2010), em sociedades onde bois e cavalos eram abundantes, o trabalho útil por indivíduo aumentava significativamente, pois esses animais podiam realizar tarefas que exigiam um esforço físico muito superior ao que qualquer ser humano conseguiria. Um cavalo, por exemplo, fornecia energia mecânica equivalente a seis homens, multiplicando assim a capacidade produtiva da comunidade:

A energia mecânica derivada da força muscular era apenas uma fração limitada das calorias consumidas em alimentos e forragens, porque homens e mulheres, em comum com todas as criaturas de sangue quente, devem dedicar grande parte de sua ingestão de alimentos à manutenção básica do corpo. Por exemplo, cerca de 1.500 quilocalorias são necessárias diariamente para manter um homem vivo, mesmo que nenhum trabalho seja realizado. Assim, se a ingestão diária de alimentos é de 2.500 quilocalorias, apenas 40% da energia consumida está disponível para o trabalho produtivo. Segue-se que a quantidade de trabalho útil que cada homem poderia realizar pode variar substancialmente de acordo com os níveis predominantes de ingestão de alimentos per capita. Com uma ingestão diária de 3.500 quilocalorias, um homem poderia realizar o dobro da quantidade de esforço físico que poderia realizar se sua ingestão fosse de 2.500 ($3.500 - 1.500 = 2.000$; $2.500 - 1.500 = 1.000$). O mesmo ponto básico se aplica aos animais de tração, assim como ao homem. Animais mal alimentados usarão uma alta proporção de sua ingestão de alimentos para se manterem vivos, deixando apenas uma pequena proporção de sua ingestão de energia para arrastar um arado ou puxar uma carroça. Um fator de grande importância nas economias orgânicas foi a proporção de músculo animal disponível para músculo humano. Em muitas sociedades, a quantidade de energia à disposição de cada homem era determinada muito mais por essa proporção do que pelo nível de nutrição humana. Quando empregado em trabalhos agrícolas, por exemplo, um cavalo pode realizar cerca de seis vezes mais trabalho do que um homem e, onde cavalos ou bois eram abundantes, a quantidade de trabalho útil que cada homem realizava era grandemente ampliada⁶². (Wrigley, 2010, p. 15)

⁶² The mechanical energy derived from muscle power was only a limited fraction of the calories consumed in food and fodder because men and women in common with all warm-blooded creatures must devote a large part of their food intake to basic body maintenance. For example, about 1,500 kilocalories are needed daily to keep a man alive even if no work is performed. Thus if the daily food intake is 2,500 kilocalories only 40 per cent of the energy consumed is available for productive work. It follows that the amount of useful work that each man could perform might vary substantially according to the prevailing levels of food intake per head. With a daily intake of 3,500 kilocalories a man could undertake double the amount of physical effort which he could perform if his intake was 2,500 ($3,500 - 1,500 = 2,000$; $2,500 - 1,500 = 1,000$). The same basic point applies to draught animals just as to man. Ill-fed animals will use a high proportion of their food intake to stay alive, leaving only a small proportion of their energy intake to drag a plough or pull a cart. A factor of great significance in organic economies was the ratio of available animal muscle to human muscle. In many societies the amount of energy at the disposal of each man was determined much more by this ratio than by the level of human nutrition. When employed in agricultural work, for example, a horse can carry out about six times as much work as a man and where horses or oxen were abundant the quantity of useful work which each man performed was in effect greatly magnified. 10 As an example, three-quarters of a century ago maize was cultivated in Mexico both solely by hand and by using oxen. Without the assistance of oxen 1,140 man hours were needed to till and cultivate a hectare of maize. Where oxen were used the number of man hours involved fell to 380, though in addition 200 hours of work by oxen was needed. Assigning large areas of land for animal pasture meant reducing the area which could be used for growing human food and therefore limited the size of the human population which could be supported, but, on the other hand, it could raise output per head in agriculture substantially by increasing the quantity of useful work which each man could perform

A maior parte da energia ingerida por esses organismos era dissipada em funções metabólicas básicas, restando apenas uma fração para o trabalho propriamente dito. A domesticação de animais de tração e o aumento da disponibilidade de alimentos criavam ganhos marginais, sem, no entanto, alterar qualitativamente o regime energético subjacente. Um homem precisaria de cerca de 1.500 quilocalorias diárias para manter-se vivo, ainda que não realizasse qualquer trabalho. Caso ingerisse 2.500, apenas 1.000 seriam de fato convertidas em esforço físico, o que significa que uma elevação calórica de 40% dobraria a capacidade de trabalho apenas na margem. O mesmo raciocínio se aplica a bois e cavalos, em que, mal alimentados, os animais dedicariam a maior parte de sua ingestão a manter funções vitais, com pouca energia disponível para tração ou carga. O problema transcendia os aspectos físicos, como a escassez de tração ou de forragem, e os ecológicos, como a exaustão dos solos ou a propagação de epidemias, configurando-se, sobretudo, como energético no sentido mais estrito, resultado da limitada eficiência com que a biomassa solar era capturada, armazenada e convertida em trabalho.

O sistema dissipativo em expansão buscava reagir à pressão crescente sobre seus ciclos naturais, mas, ao fazê-lo, apenas estendia seu ponto de saturação, na qual a conversão de energia solar em biomassa animal e humana definia, quase exclusivamente, o limite de qualquer salto adicional de complexidade. A economia que surgiu disso, nas palavras de Wrigley (1988; 2010), foi uma Economia Orgânica. Algo que o próprio autor coloca em proximidade com as formulações dos economistas clássicos, especialmente no que tange à dinâmica dos rendimentos decrescentes em qualquer tentativa de expansão enfrentava restrições impostas pela capacidade finita do solo em sustentar aumentos contínuos de produção. À medida que se buscava extrair mais de cada hectare cultivado, os ganhos iniciais eram seguidos por um declínio progressivo na eficiência.

Para sermos específicos, no regime somático, as sociedades estavam atadas à produtividade da terra e sua capacidade de sustentar populações crescentes sem que os rendimentos do trabalho e do capital entrassem em declínio. Mais bocas para alimentar exigiam maior produção agrícola, maior produção exigia mais terras cultiváveis, e mais terras implicavam tanto o uso de solos menos férteis quanto o cultivo mais intensivo dos solos já em uso, que inevitavelmente desencadeava retornos marginais decrescentes. Tanto alimentos quanto matérias-primas, como madeira, lã e couro, e energia, muscular humana, animal ou lenha, derivavam de recursos biológicos renováveis, porém limitados pela área cultivável:

Qualquer economia pré-industrial era obrigada a aceitar certos limites ao crescimento estabelecidos pelo fato de que a terra era quase a única fonte não apenas de alimentos,

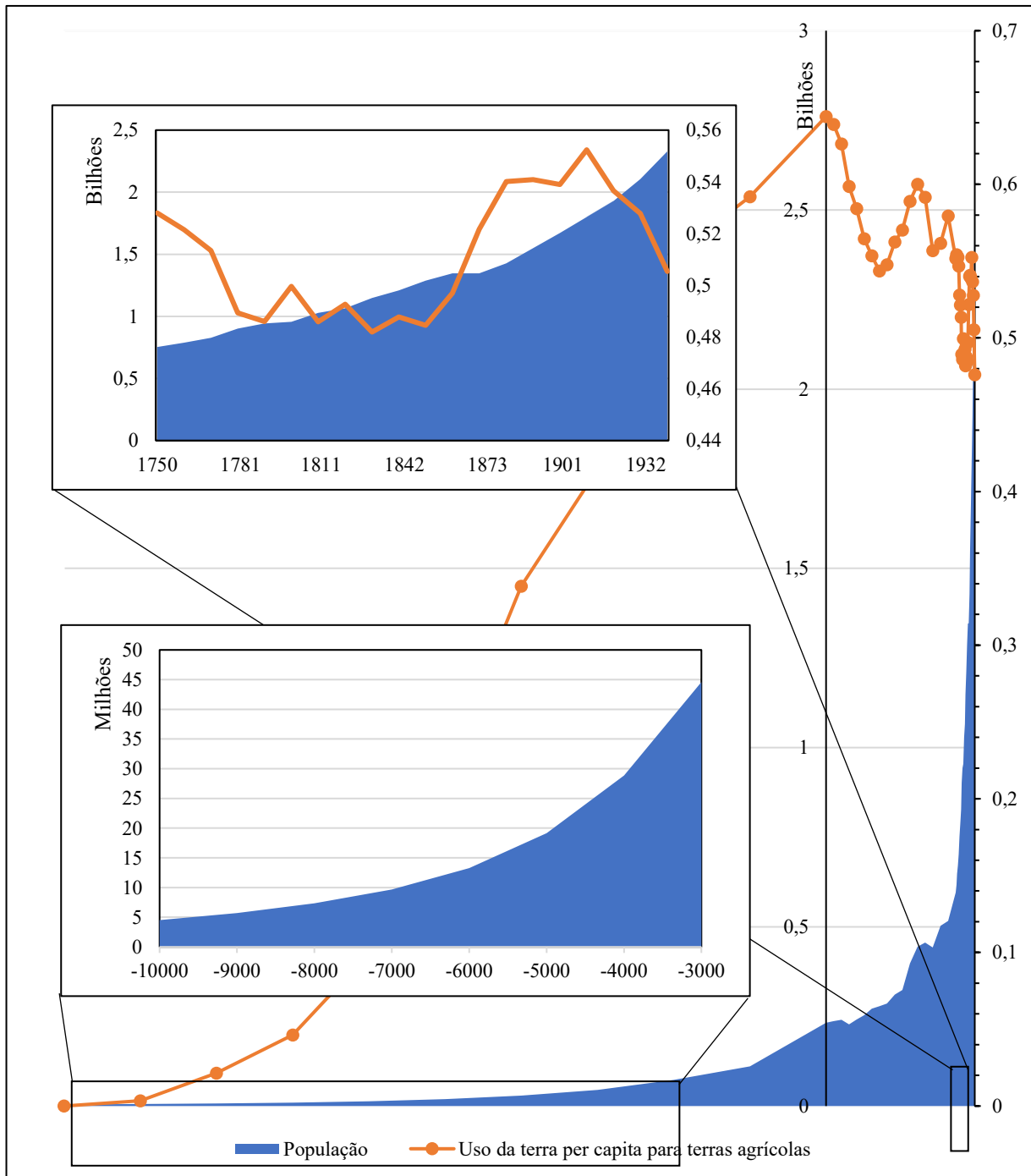
mas da grande maioria das matérias-primas usadas na manufatura. Como a terra estava em oferta fixa, a produção só poderia ser expandida obtendo produtos cada vez maiores de cada acre existente de terras agrícolas ou dividindo terras inferiores, mas em algum momento parecia inevitável que retornos decrescentes se estabelecessem, tornando a expansão progressivamente mais difícil e cara. Todas as economias pré-industriais estavam, portanto, por definição, sujeitas a uma forma de feedback negativo, incapazes de engendrar mudanças capazes de garantir o aumento da renda real para a massa da população. À medida que o crescimento progredia, os obstáculos para um maior crescimento se tornavam cada vez mais prementes. Foi sua apreciação dessas restrições que levou os economistas clássicos a fazer uso do conceito de estado estacionário como um dispositivo para resumir a natureza dos limites ao crescimento e a desacreditar na possibilidade de um movimento ascendente radical e permanente nos salários reais⁶³ (Wrigley, 1988, p. 34)

Dentro dessa lógica, a economia orgânica não era estagnada, acrescente-se que tampouco conseguia se libertar do mecanismo de feedback negativo que a impedia de sustentar um crescimento acelerado por longos períodos. A produtividade poderia ser aumentada por meio de rotações de culturas, melhorias no manejo do solo ou pela intensificação do uso de fertilizantes, no bojo desses avanços serem compensatórios, não disruptivos. Mais ainda, observa que *"nenhum agricultor poderia continuar a menos que mantivesse um equilíbrio favorável entre a quantidade de energia derivada das operações agrícolas e a quantidade gasta em realizá-las"*⁶⁴ (Wrigley, 1988, p. 71). Isso, a seu turno, fica claro no gráfico 1:

⁶³ No original "Any pre-industrial economy was obliged to accept certain limits to growth set by the fact that the land was almost the sole source not only of food but of the great bulk of the raw materials used in manufacture. Since land was in fixed supply, production could only be expanded by obtaining larger and larger outputs from each existing acre of farmland or by breaking in inferior land, but at some stage it seemed unavoidable that diminishing returns would take hold, making further expansion progressively more difficult and costly. All pre-industrial economies were therefore by definition subject to a form of negative feedback, unable to engender changes capable of securing rising real incomes for the mass of the population. As growth progressed, the obstacles to further growth grew ever more pressing. It was their appreciation of these constraints which led the classical economists to make use of the concept of the stationary state as a device to epitomize the nature of the limits to growth, and to disbelieve in the possibility of a radical and permanent upward movement in real wages."

⁶⁴ Farms had always previously been ecologically self-contained units in one important sense, even though producing for market and often meeting a substantial part of their own food needs via the market. By suppressing the original vegetation and substituting plants of his choice, the farmer sought to maximize the quantity of food available for himself, for his customers and for his farm animals. But he was limited by the degree of the success of his domesticated plants in trapping the flow of energy from the sun by photosynthesis. Some of the energy thus trapped was used directly as human food, some indirectly after being fed to animals subsequently slaughtered for human consumption, and some was converted into mechanical energy either by human or by animal muscle to enable farming operations to be carried out. But no farmer could continue unless he kept a favourable balance between the quantity of energy derived from farming operations and the quantity expended in carrying them out. This ratio in organic economies was commonly of the order of 10 : 1 or higher.

Gráfico 1 - Crescimento populacional absoluto e o total de terras cultiváveis per capita, medida em hectares por pessoa (10000 A.C. – 1950)



Fonte: HYDE (2023); Gapminder (2022); UN WPP (2024)

Quando os humanos passaram a fazer uso da agricultura, a população global estava na casa dos 4,5 milhões, saltando para cerca de 45 milhões no ano 3.000 a.C. Por volta do ano 0, a população atingiu 230 milhões, com o uso da terra per capita alcançando seu pico de 0,644, em que a agricultura tradicional dependia cada vez mais da ocupação territorial para alimentar uma população em ascensão. Neste aspecto, ressalta-se que, até 1500 d.C., no limiar da população chegar a 500 milhões, o uso da terra per capita diminuiu para 0,561. Comparando

com 10.000 a.C., o crescimento populacional foi exponencial (112 vezes). A par de, a trajetória do uso da terra per capita revela duas fases: uma expansão intensiva, até o ano 0, onde mais terra foi necessária para cada pessoa, seguida por uma estabilização relativa, até 1500 d.C., na qual a pressão demográfica exigiu otimização do espaço agrícola.

Levou cerca de um milênio e meio para dobrar e cresceu a uma taxa bem abaixo de 0,1% ao ano. Depois de 1500, a população mundial continuou a crescer muito lentamente, chegando a 700 milhões por volta de 1750. Mas, enquanto antes de 1750, cada novo indivíduo exigia mais terra agrícola, uso per capita caiu apenas de 0,414 para 0,527 em 4.750 anos, após 1750, a produtividade energética permitiu alimentar bilhões com menos terra, per capita caiu para 0,476 em 1950. A população disparou de 753 milhões (1750) para 2,49 bilhões (1950), a uma taxa de 0,6% ao ano. De algum modo, a partir desse nexos, a pergunta é porque o crescimento populacional só acelerou por volta de 1800?

Isso nos conduz, necessariamente, a uma separação interpretativa que opõe duas escolas: a leitura malthusiana clássica, centrada no equilíbrio de restrição natural entre população e recursos, e a visão boserupiana, que vê na própria pressão populacional o motor de reorganizações sociais e técnicas. Do lado malthusiano, a explicação repousa na fixidez da terra como fator de produção. A pressão demográfica leva à queda do padrão de vida, e este, por sua vez, age como regulador populacional por meio da mortalidade (controle positivo) e da fertilidade (controle preventivo).

Nesse viés, o platô baixo visto até a revolução energética seria o produto de um equilíbrio em que a oferta de alimentos determina o limite superior da população, em que qualquer ganho de produtividade ou ampliação de recursos seria, em última instância, absorvido pelo crescimento populacional e não pela elevação do padrão de vida. A elevava a taxa de mortalidade não é necessariamente de forma abrupta ou cataclísmica, dessa feita adiante, por meio de uma ligação de fatores desde a subnutrição, vulnerabilidade a doenças, enquanto, simultaneamente, as expectativas de vida e natalidade afetadas por um ambiente de incerteza e escassez relativa, como a base do modelo Malthusiano:

O modelo malthusiano tem dois componentes principais. A primeira é a existência de algum fator de produção, como a terra, que está em oferta fixa, implicando retornos decrescentes de escala para todos os outros fatores. O segundo é um efeito positivo do padrão de vida na taxa de crescimento da população. De acordo com Malthus, quando o tamanho da população é pequeno, o padrão de vida será alto e a população crescerá como resultado natural da paixão entre os sexos. Quando o tamanho da população é grande, o padrão de vida será baixo e a população será reduzida pelo "controle preventivo" (redução intencional da fertilidade) ou pelo "controle positivo" (desnutrição, doença e fome). O modelo malthusiano implica que, na ausência de mudanças na tecnologia ou na disponibilidade de terras, o tamanho da população será auto-equilibrado. Além disso, os aumentos nos recursos disponíveis serão, a longo prazo, compensados por aumentos no tamanho da população. Países com tecnologia

superior terão populações mais densas, mas o padrão de vida não estará relacionado ao nível de tecnologia, seja ao longo do tempo ou entre países⁶⁵ (Galor; Weil, 2000, p. 807)

Antes, operavam como mecanismos sutis e graduais, ajustando a oferta e a demanda por meio de pressões que moldavam tanto a organização social quanto os próprios incentivos econômicos. Na ausência de um crescimento proporcional da oferta, a própria estrutura de custos da sociedade ajustava-se pelo lado da demanda, não por uma racionalidade consciente, mas até o marco estabelecido, porque os mecanismos de preços, salários e disponibilidade de bens impunham restrições que tornavam impossível uma expansão demográfica. Estudos empíricos como os de Wrigley e Schofield (1981), Lee e Campbell (1997) e Livi-Bacci (2006), fornecem evidências que corroboram essa perspectiva. Choques negativos na população, como a Peste Negra, resultaram em salários reais mais elevados e, posteriormente, em um crescimento populacional acelerado, sugerindo que a redução da pressão demográfica permitiu uma melhoria temporária nas condições de vida. Da mesma forma, a correlação positiva entre salários reais e taxas de casamento na Inglaterra entre os séculos XVI e XIX, assim como as elasticidades de renda positivas da fertilidade e negativas da mortalidade em diversos contextos pré-industriais, reforçam a ideia de que o crescimento econômico estava limitado pela capacidade de subsistência.

Boserup (1981), por outro lado, desloca o centro da análise do estoque de recursos para a densidade populacional como variável propulsora. Não é a escassez de terra em si que limita, com contrariedade, a ausência de incentivo para a intensificação produtiva. No compasso, sob pressões populacionais crescentes, a sociedade responde com inovações técnicas, reestruturação agrária e modificação dos usos do solo, não por acúmulo espontâneo de conhecimento, no ponto precedente, como resposta adaptativa à necessidade.

A teoria malthusiana considerava que o surgimento da agricultura era o resultado da feliz invenção de técnicas de produção de alimentos há cerca de dez milênios, e que o aumento da população mundial no período seguinte era uma adaptação ao aumento da capacidade de suporte do mundo obtida por essa inovação tecnológica. Supôs-se que, antes da invenção da produção de alimentos, as populações pré-históricas viviam em um estado de fome semipermanente, porque sua fertilidade era alta e seus números

⁶⁵ The Malthusian model has two key components. The first is the existence of some factor of production, such as land, which is in fixed supply, implying decreasing returns to scale for all other factors. The second is a positive effect of the standard of living on the growth rate of population. According to Malthus, when population size is small, the standard of living will be high, and population will grow as a natural result of passion between the sexes. When population size is large, the standard of living will be low, and population will be reduced by either the "preventive check" (intentional reduction of fertility) or by the "positive check" (malnutrition, disease, and famine). The Malthusian model implies that, in the absence of changes in technology or in the availability of land, the size of the population will be self-equilibrating. Further, increases in available resources will, in the long run, be offset by increases in the size of the population. Countries with superior technology will have denser populations, but the standard of living will not be related to the level of technology, either over time or across countries

tendiam a superar a oferta de animais selvagens e outros alimentos silvestres. De acordo com essa visão, apenas a invenção da produção de alimentos salvou a humanidade—por um tempo—da calamidade da desnutrição crônica. Um radical aprimoramento na nutrição devido à invenção da agricultura foi pensado como a causa de uma transição de uma população estagnada para um crescimento rápido, à medida que populações agrícolas e métodos agrícolas invadiam cada vez mais o mundo. No entanto, nos últimos anos, um número crescente de arqueólogos, antropólogos e demógrafos questionou a ideia de que a desnutrição crônica era o destino das populações pré-históricas e sugeriu outras explicações para as baixas taxas de crescimento populacional na pré-história. Nosso conhecimento direto da composição da dieta das populações pré-históricas está melhorando devido a uma reorientação da pesquisa arqueológica, afastando-se de estruturas monumentais, artefatos e cronologias cerâmicas, e voltando-se para sistemas de subsistência pré-históricos⁶⁶. (Boserup, 1981, p. 31-32)

Com isso, as baixas taxas eram produtos de adaptações Pré-industriais, como mecanismos naturais e culturais de que períodos prolongados de amamentação contribuíam para um espaçamento maior entre os nascimentos. Assim como, infanticídio e aborto Induzido, casamento tardio e celibato e migração. Esse último, para áreas menos densamente povoadas como estratégia para evitar a intensificação da agricultura e, diante desse quadro, a necessidade de mais trabalho. Isso resultava em que a área de emigração não conseguia atingir a densidade mínima necessária para a urbanização.

Mais tarde, quando a taxa de crescimento da população mundial acelerou e a migração em massa ocorreu de um continente para outro, as áreas que tinham alimentos silvestres suficientes tornaram-se cada vez menores. Com exceção dos vinte e sete grandes grupos que existem hoje, os caçadores-coletores mudaram para a produção agrícola ou pastoreio se sobrevivessem às invasões de povos agrícolas ou pastores. A difusão extremamente lenta das técnicas de produção alimentar e a preferência, em zonas escassamente povoadas, pela caça e pela pesca como atividades subsidiárias parecem indicar que a agricultura não é uma técnica preferida em todas as condições demográficas. Parece que a produção de safras é preferida apenas quando uma certa densidade populacional é excedida e os alimentos silvestres são escassos. Em outras palavras, de fato parece plausível que o aumento da densidade populacional promova uma mudança na tecnologia de abastecimento de alimentos, enquanto áreas com estagnação ou declínio da população são muito menos propensas a adotar esse tipo de mudança. Deve-se acrescentar que uma fonte de suprimento de alimentos — peixes, baleias e outros frutos do mar — ainda está no estágio de "coleta" em todo o mundo,

⁶⁶ Malthusian theory considered the emergence of agriculture to be the result of the fortunate invention of food production techniques some ten millennia ago, and the increase of world population in the following period to be an adaptation to the increase in the world's carrying capacity obtained by this technological innovation. It was assumed that, before the invention of food production, prehistoric populations lived in a state of permanent semistarvation, because their fertility was high and their numbers tended to outgrow the supply of wild animals and other wild food. According to this view, only the invention of food production saved humanity—for a time — from the plight of chronic malnutrition. A radical improvement in nutrition due to the invention of agriculture was thought to have caused a shift from stagnant population to rapid growth, as agricultural populations and agricultural methods invaded more and more of the world. In recent years, however, increasing numbers of archeologists, anthropologists, and demographers have questioned the idea that chronic malnutrition was the fate of prehistoric populations, and have suggested other explanations for the slow rates of population growth in prehistory. Our direct knowledge of the composition of the diet of prehistoric populations is improving due to a reorientation of archeological research, away from monumental structures, artifacts, and ceramic chronologies, and toward prehistoric subsistence systems.

exceto em algumas áreas muito densamente povoadas, nas quais os peixes são chocados em lagoas e arrozais inundados⁶⁷. (Boserup, 1981, p. 41-42)

A seu turno, a aceleração do crescimento populacional, especialmente na Europa, a partir do século XVIII, é atribuída principalmente à queda nas taxas de mortalidade, e em menor grau, ao aumento da fertilidade⁶⁸. Essa leitura é confirmada quando afirma que, ao contrário da narrativa de uma agricultura revolucionária que precedeu a industrialização, o movimento do século XVIII foi menos um avanço tecnológico do que uma reorganização produtiva provocada pelo aumento da densidade populacional e da demanda, ainda dentro de um regime orgânico:

A urbanização exigia que a população atingisse certos mínimos em termos de tamanho e densidade. Além disso, a distância que os alimentos poderiam ser transportados dependia do nível de tecnologia de transporte. Se a densidade populacional fosse baixa, os suprimentos para um centro de tamanho determinado teriam que ser transportados por distâncias maiores do que se uma população agrícola densa o cercasse. As fontes de energia para fins de transporte nas antigas sociedades urbanizadas eram as mesmas utilizadas na agricultura. Humanos e animais carregavam alimentos e outros produtos; a água corrente movimentava barcos rio abaixo; a energia eólica poderia ser utilizada para mover barcos e navios contra a corrente, assim como a favor. É importante notar que as fontes de energia mais eficientes disponíveis para as sociedades antigas, água e vento, podiam ser usadas para transporte apenas por via aquática. Ambas essas fontes de energia foram utilizadas para transporte muito antes de serem utilizadas na agricultura. O poder do vento para mover barcos à vela já estava em uso no quarto milênio a.C. na Suméria, e a flutuação rio abaixo muito antes disso. Além disso, carros de rodas puxados por animais estavam em uso na Mesopotâmia no quarto milênio⁶⁹. (Boserup, 1981, p. 68)

⁶⁷ Later, when the rate of world population growth accelerated, and mass migration took place from one continent to another, the areas which had enough wild food became fewer and fewer. Except for the twenty-seven major groups which exist today, the hunter-gatherers changed to crop production or pastoralism if they survived the invasions of agricultural peoples or pastoralists. The extremely slow diffusion of the techniques of food production and the preference, in sparsely populated areas, for hunting and gathering as subsidiary activities seem to indicate that agriculture is not a preferred technique under all demographic conditions. It seems that production of crops is preferred only when a certain population density is exceeded and wild food falls into scarce supply. In other words, it indeed seems plausible that increasing population density promotes a change of food supply technology, while areas with stagnation or decline of population are much less likely to adopt this type of change. It should be added that one source of food supply —fish, whales, and other seafood —is still at the "gathering" stage all over the world, except for a few very densely populated areas in which fish are hatched in ponds and flooded paddy fields

⁶⁸ Como coloca Boserup (1981, p. 124-126), um recuo significativo em doenças contagiosas ocorreu antes mesmo do desenvolvimento de tratamentos eficazes ou da estruturação de sistemas públicos de saúde. Medidas práticas de higiene, como a remoção de resíduos urbanos e a adoção de quarentenas, reduziram a frequência de epidemias. Na França, por exemplo, surtos que antes ocorriam a cada dois anos passaram a se repetir apenas a cada duas décadas após 1520. A medicina militar também contribuiu, difundindo práticas preventivas. A produção em massa de sabão e a popularização de roupas de algodão, mais baratas e fáceis de lavar, melhoraram os hábitos de limpeza. A vacinação contra a varíola, introduzida na Inglaterra em 1721 e disponibilizada gratuitamente aos pobres a partir de 1750, teve papel relevante no declínio precoce da mortalidade em certos países. Fatores ambientais, como a redução da malária devido à drenagem de pântanos no século XVIII, também influenciaram. Paralelamente, o aumento da fertilidade, ainda que menos determinante que a queda da mortalidade, foi impulsionado pela maior sobrevivência de mulheres em idade reprodutiva e pela expansão de oportunidades de trabalho não agrícola. Essa mudança econômica pode ter reduzido incentivos tradicionais para limitar o tamanho das famílias, como ocorria em contextos rurais onde a mão de obra infantil era menos necessária.

⁶⁹ Urbanization required that population reach certain minimums in terms of size and density. In addition, the distance which food could be transported depended upon the level of transport technology. If population density

A aceleração é vista não como uma simples resposta a uma revolução tecnológica autônoma, entretanto, como a manifestação de um processo interligado, onde a população se adapta às novas realidades demográficas e cria as condições para o avanço tecnológico em escala sem precedente. Como se pode expressar, a urbanização requer a disponibilidade de transporte, somado, porém, que esse precisa de densidade populacional, permitindo a superação de limitações e o desenvolvimento de infraestruturas que, por sua vez, suportam uma urbanização cada vez maior. Esse diagnóstico é a noção de que a inflexão entre 1750 e 1800 não pode ser explicada apenas pela lógica terra-população, pois, ambos os modelos operavam dentro dos limites do metabolismo solar. A cidade era constrangida pela disponibilidade de excedente agrícola e pela viabilidade de seu transporte. Mesmo pequenas distâncias impunham limites. O argumento demográfico se articula ao espacial e ao energético, da concentração urbana dependia da densidade populacional e da capacidade de transpor fisicamente excedentes. A inflexão do século XIX ocorre quando o uso crescente de carvão, a introdução do ferro como vetor técnico e a construção de ferrovias e navios a vapor quebram esse ciclo orgânico.

Diante dessas condições, o papel da tecnologia de transporte dava a distância que o alimento podia ser transportado, que dependia diretamente do nível da tecnologia de transporte disponível. A distância de 60 km seria viável somente com navegação fluvial ou marítima, como no caso do canal imperial na China (século VI), construído com mais de um milhão de pessoas. Para o transporte terrestre, mesmo com carroças, os limites permaneciam na faixa de 7 a 15 km, tanto na Antiguidade greco-romana quanto na Europa do século XVIII:

Se o transporte de alimentos a mais de 15 quilômetros em todas as direções a partir do centro fosse viável, um centro poderia obter suas suprimentos alimentares de uma área de 700 quilômetros quadrados, em comparação com menos de 200 com transportes de 7-8 quilômetros. Mas parece improvável que transportes de alimentos a mais de 15 quilômetros fossem viáveis naquela época, exceto para centros localizados no delta de um grande rio com transporte aquático em muitas direções. Mesmo em uma data posterior, em sociedades muito mais tecnologicamente avançadas do que as mencionadas acima, as distâncias para o transporte de alimentos por terra eram curtas. No período clássico na Grécia e em Roma, carroças com rodas eram utilizadas, mas o transporte por estrada era muito ineficiente para longas distâncias. Os transportes camponeses não excediam 7-8 quilômetros, e as colheitas produzidas para venda por grandes agricultores tinham que ser cultivadas dentro de 15 quilômetros de uma cidade, acampamento militar ou mercado semelhante para valer a pena produzir. Até o século XVIII na Europa, os alimentos provavelmente não

was low, the supplies to a center of given size would have to be transported over longer distances than if a dense agricultural population surrounded it. The sources of energy for transport purposes in ancient urbanized societies were the same as those used in agriculture. Humans and animals carried food and other products; flowing water moved boats down stream; wind power could be used to move boats and ships against the current as well as with it. It is important to note that the most efficient sources of energy available to the ancient societies, water and wind, could be used for transport only by water. Both of these sources of energy were used for transport long before they came into use in agriculture. Wind, power to move sailing boats was in use in the fourth millennium b.c. in Sumeria, and downstream flotation much earlier. Also, wheeled wagons drawn by animals were in use in Mesopotamia in the fourth millennium.

eram transportados a mais de 15 quilômetros em casos típicos⁷⁰. (Boserup, 1981, p. 70)

Dessa urdidura segue-se que para grandes assentamentos urbanos, com uma maioria de população não-agrícola, pudessem surgir, era fundamental que houvesse um excedente agrícola grande o suficiente para alimentar essa população não-agrícola. A autora argumenta que o tamanho da população disponível para abastecer um centro urbano era o fator para a aparição da urbanização, mais importante do que a produtividade por trabalhador ou a fertilidade do solo.

Na tabela 3 abaixo, sai que, nos contextos pré-industriais, quando o transporte de alimentos não ultrapassava um raio de 7 a 8 km, apenas áreas classificadas como grupo 7 ou superior, ou seja, com densidades rurais acima de 64 hab/km², podiam suporta no máximo 8 mil urbanos. Expandir a cidade, deste modo, passava por aumentar a densidade (mudando o sistema agrícola) ou ampliar o raio de transporte. Ao caso, levar alimentos de 60 km em vez de 8 km. Dito de outra maneira, a capacidade de urbanização, portanto, calha da interação entre densidade populacional e infraestrutura de transporte, duas variáveis estreitamente condicionadas pelas fronteiras impostas pelas economias orgânicas.

Tabela 3 - Tamanho da população de uma área produtora de alimentos e a distância viável de transporte a partir da cidade central

Grupo de Densidade	Densidade Rural (pessoas/km ²)	Sistema Agrícola Predominante	em milhares			
			7-8 km	15km	30 km	60 km
1-3	0-4	Pousio Arbustivo		1-2	2-5	8-34
4-5	4-16	Pousio Curto	1-2	4-8	17-34	68-136
6-7	16-64	Pousio Curto	4-8	17-34	68-136	271-543
8-9	64-256	Cultivo Anual	17-34	68-136	271-543	1096-2172
>10	256-512	Cultivo Anual	66	271	1086	4344

Fonte: Adaptado de Boserup (1981, p. 68), com base nos critérios apresentados nas p. 09, 19-20

A rigor, ao redor da cidade, existe uma área agrícola. Ela depende dessa área para receber alimentos. Só que quanto mais longe está da cidade, mais difícil é transportar. Quanto mais pessoas no campo, mais alimentos podem ser produzidos por uma mesma área. Sobre o fio do argumento de que o desenvolvimento de novas técnicas, como conversores mais eficientes ou

⁷⁰ If food transport over 15 kilometers in all directions from the center were feasible, a center could draw its food supplies from an area of 700 square kilometers, compared with less than 200 with 7-8 kilometer transports. But it seems unlikely that food transports over 15 kilometers were feasible at that time, except for centers located in the delta of a major river with water transport in many directions. Even at a late date, in much more technologically advanced societies than the ones mentioned above, distances for food transports on land were short. In the classical period in Greece and Rome, wheeled wagons were used but road transport was too inefficient for long distances. Peasant transports moved no more than 7-8 kilometers, and crops produced for sale by large farmers had to be grown within 15 kilometers from a town, army camp, or similar market to be worth producing. As late as the eighteenth century in Europe, food probably was not transported more than 15 kilometers in typical cases.

fontes mais densas, seria uma resposta às pressões demográficas, o ponto que queremos destacar é que a energia, antes de ser superada tecnicamente, constituía o limite material para o crescimento das cidades. Tanto a produtividade agrícola quanto o raio de abastecimento estavam condicionados a formas de conversão energética de baixa eficiência. Igualmente como, que o comércio também merece destaque quanto um componente da análise na forma de captar energia de regiões onde a produção local não é possível. Quer operasse como solução dentro dos limites malthusianos, ao mitigar pressões locais de escassez, quer funcionasse, sob o viés boserupiano.

A matriz interpretativa malthusiana, à qual regressaremos na Parte II, será retomada dentro do debate da Economia Política Clássica, particularmente na discussão sobre os rendimentos da terra e suas propriedades estratégicas, incluindo as sugestões geopolíticas da escassez relativa. Por ora, o que nos interessa é explorar a forma como, ainda antes da transição fóssil, os circuitos comerciais organizavam uma redistribuição de recursos. Essa lógica antecipava, de maneira embrionária, a constituição de um sistema energético global com o comércio orgânico já operar como catalisador de complexidade. Porém, esse escape também permanecia condicionado às mesmas limitações energéticas, especialmente à capacidade e densidade dos meios de transporte.

1.2.3 Comércio Pré-Industrial e a Expansão Virtual do Território

Para seguirmos com nossa relação sobre as formas pelas quais o comércio funcionava como compensação energética em tempos pré-industriais, torna-se necessário mudar o foco da escassez pontual para o modo como as sociedades organizavam seus fluxos, não só para sobreviver, todavia, para sustentar níveis crescentes de complexidade. A seção anterior já nos mostrou que mesmo em regimes energéticos de baixa densidade, o comércio operava como vetor de redistribuição, permitindo que núcleos urbanos ampliassem sua capacidade reprodutiva para além dos limites locais.

Entretanto, esse princípio adquire espessura histórica quando trocas esparsas começam a formar um tecido por cima disso frouxo, porém reconhecível, no qual o território se define pelo alcance físico e pela capacidade de projetar conexões. O comércio transita de resposta pontual à escassez para rede estruturada de redistribuição. McNeill e McNeill (2003, p. 4-5) destacam que a "primeira teia mundial" surge do acúmulo prolongado de interações sociais, comunicações rudimentares e difusões técnicas, processos que remontam à invenção da linguagem e consolidam padrões que atravessam séculos. A disseminação precoce de artefatos como o arco e flecha, mesmo entre grupos geograficamente isolados, já indicava a existência

de circuitos informais de troca e imitação. Ainda que rarefeita, essa rede inicial conectava grupos distantes por meio de tecnologias úteis, abrindo precedentes para formas cada vez mais densas de integração.

Segundo os autores, por volta de doze mil anos atrás, essas teias começaram a se adensar com o surgimento da agricultura e das primeiras cidades, culminando na formação, há cerca de dois mil anos, da “Rede do Velho Mundo”, uma malha eurasiática e norte-africana de interações que integrava redes regionais sob formas cada vez mais interdependentes. O marco mais recente, o dos últimos 160 anos, apenas eletrifica o que já se vinha consolidando, com rotas marítimas e redes imperiais que haviam conferido ao mundo antigo e moderno a capacidade de sustentar complexidade à distância. Por essa razão, a presente seção concentra-se na constituição desse princípio de conexão como fundamento material da expansão territorial, em particular nas configurações euro-mediterrânicas que forneceram os contornos mais visíveis dessa transição.

Não menos, entre as epígrafes desta dissertação, encontra-se uma passagem do início do livro XIV da enciclopédia do Império Romano compilada por Plínio, o velho, sob o título de “*Historia Naturalis*”, escrita no século I d.C., em que se lê: “*Quem, de fato, não pensaria que, com a unificação do mundo pela majestade do Império Romano, a vida progrediu pelo comércio de bens e pela harmonia de uma paz festiva, e que tudo o que antes era oculto tornou-se de uso comum?*”⁷¹. Em seus termos, traduz em linguagem moral o que era, em última instância, um princípio material da própria ordem imperial da capacidade de converter vastidões dispersas e heterogêneas em um espaço coordenado, sustentado por rotas de suprimento, instituições de troca e dispositivos de equivalência na percepção clara de que o comércio, mais do que uma função acessória, exercia um papel estruturante na própria possibilidade de vida comum⁷².

⁷¹ O trecho completo e no original é “*Quis enim non communicato orbe terrarum, majestate Romani imperii, profecisse vitam putet commercio rerum ac societate festæ pacis, omniaque etiam que occulta ante fuerant, in promiscuo usu facta? At hercules non reperiuntur, qui norint multa ab antiquis prodita: tanto priscorum cura fertilior, aut industria felicior fuit, ante milia e amorum inter principia literarum Hesiodo praecepta agricolis pandere orso, subsecutisquo non paucis hanc curam ejus, unde nobis crevit labor: quippe cum requirenda sint non solum postea inventa, verum etiam ea, que invenerant prisci, desidia rerum internecone memoria inducta*” (Plinius Secundus, 1826, p. 2329-2330).

⁷² É preciso observar que, como a citação acima também torna visível, até mesmo pela razão da enciclopédia ser tratar da “natureza”, como assinala Bang (2018, p. 494), a declaração de Plínio não deve ser interpretada como uma celebração da ordem imperial, mas antes como expressão de um desconforto diante da perda de referências naturais e culturais. Ainda que reconhecesse os benefícios trazidos pela intensificação das trocas e pelo alcance geográfico do Império, Plínio lamentava o esquecimento de espécies antigas e o desaparecimento de nomes outrora comuns na memória coletiva. Os livros 12 a 27 concentram-se nas plantas, e entre eles, os volumes 20 a 27 dedicam-se inteiramente às aplicações medicinais. Essa ambivalência reaparece também na análise de Saller (2022, p. 50–51), que, ao estudar o tema da *Parens Natura* e a evocação de um crescimento de tipo smithiano no

Mercados e redes comerciais eram parte integrante de sua complexidade, mesmo em meio a hierarquias sociais e práticas aparentemente antagônicas. Bang (2018, p. 495) rejeita a dicotomia entre tradicional (estagnado) e moderno (dinâmico). Ele argumenta que a autossuficiência local coexistia com redes comerciais sofisticadas, sendo o comércio não um acréscimo modernizante, de outro modo, uma condição necessária para a reprodução social e econômica:

Alguns enfatizaram a marginalidade, até mesmo a falta de instituições comerciais; outros, em reação, destacaram a significância do comércio e a ampla extensão da integração de mercados. Mas esta é uma dicotomia enganosa. O Império Romano era uma sociedade complexa pré-industrial. Nossa imagem deve combinar elementos de ambas as posições. O campesinato frequentemente visava produzir a maior parte do que precisavam dentro de suas casas; os aristocratas frequentemente valorizavam a propriedade de terras em relação a outras formas de investimento e podiam ostensivamente se referir aos comerciantes com desprezo. Embora essas e outras práticas limitassem a extensão e a profundidade dos mercados no mundo romano e em outras sociedades pré-industriais, muitas vezes são incorretamente rotuladas como fenômenos "tradicionais": inadequadas, porque esse procedimento analítico tende a implicar que o comércio e os mercados não eram estruturalmente uma parte integrante deste mundo. As instituições comerciais são então vistas como ausentes ou abordadas como um motor de modernização. Mas essa escolha é inadequada; aristocratas e camponeses estavam vinculados em uma hierarquia complexa. A sociedade deles era baseada na especialização e na divisão do trabalho, e exigia mercados e fluxos comerciais extensos para funcionar. Desde o início, sociedades complexas pré-industriais geraram e exigiram comércio significativo. Para atender a essa necessidade, algumas cidades também surgiram como centros organizacionais dentro dessas correntes comerciais mais amplas, onde os comerciantes ganharam maior proeminência. Cidades desse tipo eram, talvez, nunca a maioria, mas também não eram a exceção incidental; seu papel era estrutural.⁷³

No dizer direto, a própria complexidade das sociedades pré-industriais, desde sua formação, criou uma demanda orgânica por redes comerciais extensas, e para viabilizar esses

mundo romano, observa como o Livro 27.2 da História Natural amplia a temática ao louvar a variedade de plantas oriundas dos confins imperiais, da Escítia ao Atlas, da Grã-Bretanha à Etiópia, enunciando que se tratava de plantas transportadas de um lado para o outro por todo o mundo para a *salus humana*, possibilitadas pela grandeza da Pax Romana. Ainda que esse bem-estar fosse, na visão de Plínio, uma dádiva comum a todos os povos do império, o centro organizador da experiência sensível, e, portanto, do juízo sobre o valor das coisas, permanecia a cidade de Roma onde os produtos do mundo eram reunidos, comparados, hierarquizados.

⁷³ Some have emphasized the marginality, even lack of commercial institutions; others, in reaction, have stressed the significance of trade and the wide extent of market integration. But this is a misleading dichotomy. The Roman Empire was a complex preindustrial society. Our image must combine elements of both positions. The peasantry would often aim to produce most of what they needed within their households; aristocrats frequently valorized landownership over other forms of investment and might ostensibly refer to merchants with contempt. While these and other such practices limited the extent and depth of markets in the Roman world and other preindustrial societies, they are often by an infelicitous expression labelled as “traditional” phenomena: infelicitous, because this analytical procedure tends to imply that trade and markets were not structurally an integral part of this world. Commercial institutions are then either seen as absent or they are approached as an engine of modernization. But this choice is inadequate; aristocrats and peasants were linked in a complex hierarchy. Theirs was a society based on specialization and the division of labor, and it required markets and extensive trade flows to function. From the very beginning, complex preindustrial societies generated and required significant trade. To fill this need, some cities also emerged as organizational hubs within these wider trade currents, and where merchants acquired greater prominence. Cities of this kind were, perhaps, never in the majority, but neither were they the incidental exception; their role was structural

fluxos, apareceram cidades que funcionavam como pontos nodais, operando as trocas e as reunindo atividades mercantis. Desse nexos, como dissemos acima dentro dos limites orgânicos no período clássico na Grécia e Roma, o transporte rodoviário era ineficiente para longas distâncias. Os camponeses não transportavam mais do que 7-8 km, e culturas para venda precisavam ser cultivadas a no máximo 15 km de um mercado.

De acordo com Tainter (1988), as conquistas romanas eram economicamente auto-perpetuantes, no sentido da série inicial de vitórias, cultivada como uma questão de autopreservação, começou a fornecer cada vez mais a base econômica para novas conquistas. Por um lado, a causalidade econômica de nos séculos II e I a.C., as conquistas viabilizaram espólio que financiou o Estado, mas, disso, uma crise estrutural do século I a.C. ao III d.C., no fim da expansão resultar em déficits crônicos e tributação impopular. Roma, por volta do ano 0, representava o ponto culminante da sofisticação possível dentro dos limites de um regime energético ainda inteiramente orgânico. A superestrutura imperial construída sobre essa base geralmente podia suportar despesas contínuas, mas tinha dificuldade em lidar financeiramente com crises.

Nesse ponto, faz sentido ressaltar os limites que estamos falando das economias orgânicas e do comércio como incorporação de terras virtuais. Se o Egito podia alimentar o Império Romano, isso se devia, em grande parte, à sua integração ao eixo logístico formado pelo Nilo e pelo Mediterrâneo, dando corpo, das rotas fluviais e marítimas permitiam uma circulação a custos significativamente reduzidos. O transporte marítimo, nesse contexto, tornava-se categórico, uma vez que o deslocamento terrestre podia ser até 56 vezes mais oneroso, o que impunha restrições materiais à expansão do comércio. Produtos agrícolas, com baixo valor por unidade de peso, tornavam-se economicamente inviáveis para longas distâncias, dada a dificuldade de compensar os custos de transporte:

A economia romana era, de maneira esmagadora, agrícola. Estima-se que, no final do Império, a agricultura fornecia completamente 90 por cento da receita do governo. O comércio e a indústria, em contraste, eram relativamente insignificantes. Uma das principais razões para isso era o alto custo do transporte terrestre. Uma carroça carregada de trigo, por exemplo, dobraria de valor em uma jornada terrestre de apenas 480 quilômetros, uma carga de camelo em 600 quilômetros. O transporte terrestre era tão caro e ineficiente que muitas vezes era impossível aliviar fomes no interior; os superávits locais não podiam ser economicamente transportados para áreas de escassez. O transporte por navio, embora arriscado e sazonalmente restrito, era muito mais econômico. Era, por exemplo, menos custoso enviar grãos de uma extremidade do Mediterrâneo à outra do que transportá-los por terra a 120 quilômetros. Sob o Édito dos Preços, emitido por Diocleciano em 301 d.C., o transporte por estrada era de 28 a 56 vezes mais caro do que por mar. A importância do Egito para alimentar o Império não se resumia apenas à sua produtividade agrícola, mas também à sua proximidade do transporte aquático. Assim, os únicos bens que podiam ser transportados com lucro a longas distâncias eram aqueles de alto valor relativo - ou seja, bens de luxo. A maior parte da população, vivendo de sua própria produção agrícola, não podia arcar com

tais bens. A indústria de grande escala, portanto, existia apenas em algumas cidades, enquanto a maioria das necessidades locais era suprida por artesãos locais⁷⁴ (Tainter, 1988, p. 133)

Isso é válido para as Economias Orgânicas avançadas do século XVI na reorganização sistêmica de escala intercontinental, ancorada em técnicas financeiras, na navegação e na organização urbana, organizando o alicerce para os grandes saltos que viriam com a ciência moderna e a Revolução Industrial. Um caminho desde Europa medieval tardia (séculos XIV e XV) na maior monetização frente a economia de subsistência com camponeses demandando moeda (não apenas de produtos) para pagar aluguéis e ferramentas, combinada com o surgimento de uma cultura de consumo através do comércio de longa distância de bens de luxo, estimulou a circulação monetária e profissionalizou as redes mercantis. Junto, não menos, à centralização do poder real, à militarização expansionista em busca de metais preciosos e à consequente navegação oceânica, criando por esse arranjo as bases institucionais, econômicas e sociais para um sistema mais complexo que substituiria gradualmente as estruturas feudais por Estados nacionais centralizados e economias mercantis interconectadas:

Durante os anos 1300 e início dos anos 1400, a família camponesa ainda podia produzir seus próprios alimentos e roupas, mas agora eles precisavam de dinheiro para pagar o aluguel ou comprar ferramentas agrícolas. Os senhores e monarcas, então, exigiam dinheiro em grande escala. O novo comércio de longa distância significava que luxos exóticos podiam ser obtidos a um preço. A criação de uma cultura de consumo também estimulou o uso da moeda e trouxe as redes de comércio mais profundas para a Europa por volta de 1400. A ênfase no ouro e na moeda também alimentou o desejo da realeza europeia de expandir os recursos por meios militares. Possuir exércitos fortes significava a capacidade de conquistar outras nações e a capacidade de condensar riquezas. A expansão territorial e a busca por novos suprimentos de ouro alimentaram os esforços para navegar em mar aberto e libertar os europeus dos limites das viagens terrestres⁷⁵ (Black, 2022, p. 48)

⁷⁴ The Roman economy was overwhelmingly an agricultural one. It has been estimated that in the later Empire agriculture provided fully 90 percent of the government's revenue. Trade and industry, by contrast, were relatively insignificant. One of the main reasons for this was the high cost of land transport. A wagon load of wheat, for example, would double in value with a land journey of only 480 kilometers, a camel load in 600 kilometers. Land transport was so costly and inefficient that it was often impossible to relieve inland famines; local surpluses could not be economically carted to areas of shortage. Ship transport, while risky and seasonally restricted, was much more economical. It was, for example, less costly to ship grain from one end of the Mediterranean to the other than to cart it 120 kilometers. Under the Edict on Prices, issued by Diocletian in 301 A.D., transport by road was 28 to 56 times more costly than by sea. The importance of Egypt to feeding the Empire was not just its agricultural productivity, but also its proximity to water transport. Thus, the only goods that could profitably be transported long distances were those of high relative value - i.e., luxury goods. The bulk of the population, existing on their own agricultural production, could not afford such goods. Large-scale industry thus existed in only a few towns, while most local needs were supplied by village craftsmen

⁷⁵ During the 1300s and early 1400s, the peasant family might still produce its own food and clothing, but now they required money to pay rent or to buy farming tools. The lords and monarch, then, required money on a massive scale. New, long-distance trade meant exotic luxuries could be obtained at a price. The creation of a consumer culture also stimulated further use of currency and brought trade networks deeper into Europe by the 1400s. The emphasis on gold and currency also fueled the desires of European royalty to expand resources by military means. Possessing strong armies meant the ability to conquer other nations and the ability to condense wealth. Territorial expansion and the search for new supplies of gold fueled efforts to navigate the open ocean and to liberate Europeans from the limits of land travel.

A expansão territorial e a busca por novos suprimentos de ouro, sob essa perspectiva, alimentaram os esforços para navegar em mar aberto e libertar os europeus dos limites das viagens terrestres, o que significava maior comércio de longa distância. Em termos de manual e modelo, uma “*economia mundial*” via comércio externo, que podemos chamar de longa distância, distingue de uma economia fechada em si por dois eixos, como colocam Barnett e Morse (1963, p. 133), de por um lado, a mobilidade do trabalho e do capital ser em algum grau mais restrita entre as economias nacionais do que dentro delas; e por outro, as variedades de recursos serem muito mais numerosas, com as quantidades de cada variedade muito maiores no mundo como um todo do que para uma economia nacional, que amplia o potencial de substituição para as economias nacionais que pertencem ao sistema de comércio em comparação com aquelas que não pertencem.

Como fato, não seria, por conseguinte, a complexidade do comércio que descrevemos aqui no início uma economia aberta nos moldes clássicos, mas um sistema híbrido operando sob escassez estruturada limitado pela rigidez de fatores (imobilidade do capital) e pela estreiteza de recursos (predomínio de bens específicos), embora já sinalizasse os primeiros traços de uma integração comercial mais ampla. A sua versão de bens básicos em larga escala e a longa distância, como o concebemos atualmente, estruturou-se nas transformações do século XVIII, quando a Revolução Industrial e a consolidação dos mercados globais reconfiguraram as trocas comerciais. As dinâmicas resultantes dessa reconfiguração, que incluem a intensificação da divisão internacional do trabalho, a padronização da produção e a expansão das infraestruturas de transporte, serão abordadas em uma seção posterior, pois elas representam uma ruptura significativa com as limitações das economias orgânicas.

Todavia, bem antes desse período, a relação entre comércio de longa distância e complexidade social tem sido explorada por diversos autores que buscam entender como as trocas comerciais contribuíram para o surgimento de sociedades mais hierárquicas antes do desenvolvimento dos Estados⁷⁶. Igualmente como, já citamos a explicação de Rathje (1971) sobre desenvolvimento da Civilização Maia clássica das terras baixas onde que a necessidade de um suprimento consistente de recursos básicos foi o elo entre a ecologia e a organização sociopolítica, levando ao desenvolvimento de uma estrutura complexa⁷⁷. Centros cerimoniais funcionavam como núcleos de integração, concentrando bens e autoridade para garantir o

⁷⁶ como os de Boas (1911), Mauss (2016 [1925]) e Malinowski (1922)

⁷⁷ A necessidade de redistribuir recursos como obsidiana, sal e cerâmica em um ambiente desafiador exigia um sistema de comércio de longa distância e redistribuição centralizada. Nas terras baixas, com floresta tropical e assentamentos dispersos, as trocas locais diretas eram inviáveis.

acesso a recursos essenciais. A elite coordenava expedições comerciais e mantinha rotas seguras, consolidando seu poder pelo controle da distribuição. A medida do potencial integrador deste sistema dependia da autonomia que as famílias abriam mão para obter recursos básicos, onde

Uma família das terras baixas teria dificuldade em obter os itens necessários para seu sucesso econômico. Para que o comércio de recursos básicos chegasse a todas as famílias de forma consistente, os bens e a autoridade, extraídos às custas de todas as famílias, tinham que ser concentrados em poucas mãos. Esta situação selecionou desenvolvimentos nas planícies na interação e organização sociopolítica. A vantagem de um suprimento consistente de recursos básicos e, portanto, de organização complexa, grandes despesas de capital e centros de distribuição forneceu uma maneira de investir recursos e capacidade administrativa de uma forma que trouxe integração e controle político, econômico e social. As pessoas que pudessem entrar no comércio de longa distância com sucesso teriam acesso restrito a recursos básicos que poderiam aumentar a eficiência de cada unidade doméstica e, assim, tornar-se-iam núcleos integradores de populações familiares dispersas⁷⁸ (Rathje, 1971, p. 277)

Outra forma também é a relação entre comércio e moeda, como aponta Wilkinson (2018, p. 45), na complexidade de uma economia orientada para o metal permite que o sistema abstrato de avaliação "líquida" quantifique e meça a equivalência entre bens e serviços precisamente em sua abstração das relações sociais facilitada por sua liquidez e apagamento biográfico, em que *“Esse tipo de economia facilita a mobilidade da riqueza e o aumento do “comércio” internacional entre estranhos, e aumenta a complexidade social, a densidade populacional e o alcance geográfico das redes de interação”*⁷⁹. Numa agenda mais recente, Ling, Chacon e Kristiansen (2022) examinam como o comércio de longa distância influenciou a transformação de sociedades igualitárias em não igualitárias, destacando o papel das elites e dos bens de prestígio exóticos⁸⁰.

⁷⁸ a lowland household would have a difficult time obtaining the items necessary to its economic success. For trade in basic resources to reach every household consistently, goods and authority, extracted at the expense of every household, had to be concentrated into a very few hands. This situation selected for lowland developments in socio-political interaction and organization. The advantage of a consistent supply of basic resources and therefore of complex organization, major capital expenditure, and distributional centers provided a way to invest resources and administrative ability in a fashion that brought political, economic, and social integration and control. Those people who could key into long-distance trade successfully would have restricted access to basic resources that could increase efficiency of every household unit and thus they would become integrative nuclei to scattered household populations

⁷⁹ This type of economy facilitates a mobility of wealth and increasing international “trade” between strangers, and increases social complexity, population density, and the geographic reach of interaction networks

⁸⁰ Por exemplo, Hayden e Earle (2022) utilizam a teoria da vantagem comparativa de Ricardo para realizar paralelos na análise de trocas comerciais em sociedades antigas, aplicando os conceitos de variação na demanda por mercadorias e no acesso a recursos para produção a custos mais baixos, citando a restrição do conhecimento sobre a produção de porcelanas, seda e chá na China Imperial, para ilustrar como as sociedades estatais usavam a lógica de vantagem comparativa. Em paralelo, os autores aplicam essa lógica a sociedades não-estatais, sugerindo que, da mesma forma, elas também se baseavam em vantagens comparativas para promover trocas inter-regionais, como observado nos exemplos de interações comerciais entre a Europa Central e a Escandinávia.

Contudo, é importante destacar que esta não é a nossa agenda principal. Porém, como dentro dos limites orgânicos, quanto solução, constituía incorporar mais terra ao sistema, quer fosse pela expansão territorial direta, quer fosse por estratégias que permitissem aumentar indiretamente a oferta de recursos. De forma inteligível, obter produtos oriundos de terras distantes, e, com eles, incorporar a energia neles embutida, quer seja sob a forma de alimentos, matérias-primas ou produtos transformados numa injeção de potência externa no metabolismo da comunidade receptora. Portanto, abrimos este subtópico porque, a primeira opção estava sempre sujeita à disponibilidade de novas áreas cultiváveis e à viabilidade de sua incorporação produtiva, enquanto a segunda envolvia tanto a limitação do crescimento populacional quanto o ganho marginal de eficiência no uso da força de trabalho. De um lado, posto isso, estavam os conversores primitivos de energia, os próprios trabalhadores, os animais de tração e a biomassa utilizada como combustível, cujas melhorias incrementais podiam oferecer ganhos localizados, mas não resolver o problema estrutural da escassez. De outro, entravam as tecnologias sociais, como o comércio.

1.2.3.1 Comércio de 3000 a.C. a 1492 d.C

Sob o tratamento de “rede” dado por McNeill e McNeill (2003), as quatro primeiras grandes civilizações que surgiram por volta de 3.500 a.C. na Eurásia. Essas civilizações estavam localizadas no Egito, nas margens dos rios Tigre e Eufrates, na bacia do rio Indo e nas planícies férteis da China. Elas mantiveram algum nível de interação entre si, formando uma das primeiras redes conhecidas. Ao longo dos séculos, essa rede intensificou-se progressivamente e, por volta de 200 d.C., já abrangia a maior parte da Eurásia e partes significativas do continente africano. De outra forma, como observa Diamond (2015, p. 52), o arquipélago de Tonga criou no século X um proto-império marítimo que mantinha comércio regular de longa distância com Fiji e Samoa, graças a grandes canoas capazes de transportar até 150 homens cada.

O surgimento de grandes Estados facilitou uma maior troca de ideias, pessoas e objetos a distâncias cada vez maiores. Spier (2015, p. 246) destaca o aumento do comércio de longa distância de itens de prestígio, como pedras preciosas e seda, além de bens de consumo, como grãos e vinho, especialmente quando transportados por via marítima. Essa lógica indica, como sugere Kristiansen (2018, p. 88) ao tratar da era do Bronze, que os centros civilizatórios dependiam de áreas remotas para sua própria manutenção como centros de poder:

(..) as periferias foram importantes para o funcionamento do sistema mundial da Idade do Bronze e, além disso, que sua "ascensão e declínio" se conformaram a mudanças em grande escala no comércio internacional e nas economias políticas. Isso se deveu

ao fato de que o cobre e o estanho eram necessários para todas as comunidades e, portanto, exigiam a manutenção de suprimentos estáveis. Mas, como as minas produtivas de cobre e de estanho eram poucas e não eram encontradas nos centros de civilização da Mesopotâmia e do Egito, esses mesmos centros estavam em constante busca de novas áreas de mineração, para manter os suprimentos. A dependência internacional do bronze (cobre e estanho) durante o período de 3000 aC a 1000 aC da Idade do Bronze teria, portanto, seu paralelo mais próximo na dependência do sistema mundial atual do petróleo⁸¹

Formalmente, então, a troca entre regiões possibilitava que terras produtivas, mesmo que distantes, fossem efetivamente incorporadas ao sistema econômico, funcionando como uma extensão virtual do território e suavizando as restrições locais de produção. Civilizações imperiais surgiriam dessas redes de troca e centralização de recursos, sustentadas por divisão do trabalho, poder militar e síntese de diferenças materiais e culturais que transformam diversidade em poder centralizado, como bem lembra Friedman (2018, p. 542):

os parâmetros geográficos da civilização e do comércio, demonstrando claramente o grau em que os campos de troca em grande escala são a base para o surgimento de sistemas civilizacionais. Esses sistemas são baseados em uma vasta divisão do trabalho na qual os centros acumulam os diferentes produtos da área maior e onde as matérias-primas e o trabalho se movem em direção aos centros "em troca" de bens manufaturados, mas, ao mesmo tempo, onde a troca de presentes entre as potências centrais é politicamente crítica. No meio de todas essas atividades comerciais, o poder militar desempenha o papel mais significativo na formação e manutenção das relações imperiais. Os enormes projetos de construção que são a marca registrada da maioria das civilizações imperiais quase sempre dependem dos recursos de uma área muito maior do que o centro. A identidade dos poderes centrais é, de facto, muitas vezes equivalente à acumulação de diferenças, sendo os produtos e as pessoas os principais⁸².

Para detalhar, dessa divisão do trabalho, organizam-se em centros, tal como cidades, capitais e periferias como áreas fornecedoras de recursos em alguma especialização muito difíceis de alcançar dentro dos limites impostos pela terra disponível em cada localidade. Especificamente, pode-se citar a Mesopotâmia da Idade do Bronze que já havia encontrado no comércio, ao caso no Golfo Árábico, um meio de superar suas limitações. Região fértil entre os

⁸¹ that peripheries were important to the operation of the Bronze Age world system, and further that their "rise and decline" conformed to large-scale changes in international trade and political economies. This was due to the fact that copper and tin were needed by every community, and therefore demanded the maintenance of stable supplies. But, as productive copper mines and tin mines were few and not found in the centers of civilization in Mesopotamia and Egypt, these very same centers were on a constant search for new mining areas, to keep up supplies. The international dependency on bronze (copper and tin) during the period 3000 BC to 1000 BC of the Bronze Age would thus have its closest parallel in the present world system's dependence on oil

⁸² the geographical parameters of civilization and trade, clearly demonstrating the degree to which large-scale fields of exchange are the foundation for the emergence of civilizational systems. These systems are based on a vast division of labor in which centers accumulate the different products of the larger area, and where raw materials and labor move toward the centers "in exchange" for manufactured goods, but at the same time, where gift exchange among central powers is politically critical. In the midst of all of these trading activities, military power plays the most significant role in the formation and maintenance of imperial relations. The huge construction projects that are the hallmark of most imperial civilizations are almost always dependent on the resources of an area much larger than the center. The identity of central powers is indeed often tantamount to the accumulation of difference, with products and people being the foremost.

rios Tigre e Eufrates, a Mesopotâmia foi o berço de inovações para a organização das sociedades complexas, como a escrita cuneiforme, os primeiros códigos legais e sofisticados sistemas de irrigação. A abundância de grãos, como trigo e cevada, sustentava um adensamento populacional cada vez maior e permitia a diversificação das atividades produtivas, criando uma sociedade hierarquizada e altamente especializada. À vista disso, sua riqueza agrícola contrastava com a escassez de recursos estratégicos como metais, ativos para a construção, a fabricação de ferramentas e o desenvolvimento militar.

Edens (1992) descreve essa conexão entre a Mesopotâmia e regiões distantes como Magan (atual Omã) e Dilmun (Bahrein). O cobre de Magan, inicialmente um bem de luxo, tornou-se uma necessidade para a produção agrícola e militar da Mesopotâmia. A fertilidade do solo entre os rios Tigre e Eufrates sustentava colheitas abundantes, mas falhava em prover cobre para foices, armas ou adornos ritualísticos. Ao substituir foices de pedra por metal, a produtividade agrícola disparou⁸³. Vertido como, no Bahrain, o crescimento populacional no final do terceiro milênio a.C. foram viabilizados por grãos importados, um pacto tácito entre terras distantes, onde a geografia do Golfo permitiu maior Complexidade Social:

O desenvolvimento urbano é mais claramente documentado no Qala'at al-Bahrain, onde escavações em várias partes do local mostram que uma grande expansão da ocupação ocorreu no final do 3º milênio, coeva com a construção da muralha da cidade; em Diraz, uma exposição mais limitada indica uma ocupação similarmente expandida neste momento. As tendências de expansão do número de sítios e aumento do urbanismo indicam um crescimento real da população no final do 3º, continuando no 2º milênio. Concomitantemente com as tendências gêmeas de crescimento populacional e urbanização, os textos mesopotâmicos especificam quantidades crescentes de cevada sendo exportadas para o Golfo, conforme discutido anteriormente. A coincidência do crescimento populacional, urbanização e complexidade social emergente em Dilmun, por um lado, e a expansão dos movimentos de cereais pelo Golfo, por outro, expressa uma provável relação causal⁸⁴ (Edens, 1992, p. 29)

Como resultado do crescente número de tais interações, o círculo humano na Afro-Eurásia tornou-se cada vez mais complexo. Além que, voltando aos termos de McNeill e

⁸³ Edens (1992, p. 26-27) coloca que, por um lado, “Mesopotamia’s involvement in the Gulf trade may be partitioned into two rough segments-the pre-Sargonid phase, during which copper was imported largely as a luxury, and a post-Sargonid phase, when copper was a necessity”, assim como, “as copper increasingly replaced stone in the means of production, Mesopotamian economic production became dependent on traffic in that meta”, do outro lado, dos cereais, “the barley brought from Mesopotamia into the Gulf in exchange for copper potentially represents a subsistence staple rather than simply an item of rhetorical consumption during certain periods of the Gulf trade”

⁸⁴ Urban development is most clearly documented at the Qala'at al-Bahrain, where excavations in various parts of the site show that a major expansion of occupation occurred at the end of the 3rd millennium, coeval with construction of the city wall; at Diraz, more limited exposure indicates a similarly expanded occupation at this time. The trends of expanding number of sites and increased urbanism indicate a real growth in population at the end of the 3rd, continuing into the 2nd millennium. Concurrent with the twin trends of population growth and urbanization, the Mesopotamian texts specify increasing amounts of barley being exported into the Gulf, as previously discussed. The coincidence of population growth, urbanization, and emerging social complexity in Dilmun, on the one hand, and expanding cereal movements through the Gulf, on the other, expresses a probable causal relationship.

McNeill (2003), essa “*Old World Web*” expandiu-se e tornou-se mais densa. Mercadorias viajavam da China para o Sudoeste Asiático, eventualmente chegando à Europa. Ou tanto quanto, um claro exemplo é ilustrado pelo caso dos Países Baixos, ilustrado por Boserup (1981), em desde o século X, 12% a 15% de seu consumo total de cereais era via importação e um circuito triangular entre Alemanha e Inglaterra, no qual tecidos eram exportados para a Alemanha, possibilitando a compra de cereais, enquanto a lã vinha da Inglaterra, viabilizando a produção de tecidos. Por um lado, o acesso a maiores volumes de energia, sob a forma de grãos, tornava possível a superação dos limites biofísicos locais, permitindo o crescimento urbano para além da produtividade imediata da terra. Por outro, essa expansão só era viável quando os custos de transporte eram reduzidos, como nas rotas fluviais e marítimas, onde o fluxo contínuo substituíu a rigidez territorial, tal como já indicávamos na relação funcional entre Roma e Egito:

Desde o século X, cidades nos Países Baixos importavam cereais das costas dos mares do norte, mas somente por volta de 1500 é que o envio em grandes quantidades se tornou viável. Tornou-se mais barato para as cidades alemãs obter cereais por barco do que por terra a partir das vilas alemãs. A Espanha começou a importar cereais do Báltico no século quinze, e a Inglaterra, no século dezesseis. Naquela época, os Países Baixos dependiam muito das importações de cereais, e em meados do século dezesseis, as importações pareciam representar 12-15 por cento do seu consumo total de grãos. Uma parcela muito grande do consumo urbano dependia das importações. As importações permitiram que muitas cidades crescessem além da capacidade determinada pela produção local de alimentos. Elas podiam usar as terras nas redondezas para o cultivo intensivo de produtos que eram difíceis ou impossíveis de transportar a longas distâncias, e reduzir sua produção de cereais e outros produtos mais facilmente transportáveis. Mas uma cidade poderia, é claro, se envolver nessa forma de especialização do trabalho apenas se tivesse produtos de exportação adequados ou lucros comerciais, com os quais pagar pelas importações de alimentos e pelas importações de matérias-primas que utilizavam terras. As áreas que exportavam alimentos e matérias-primas que utilizavam terras para as áreas industriais em crescimento na Europa Ocidental e Central incluíam não apenas o norte e o leste da Europa, que estavam conectados às áreas urbanizadas por transporte aquático, mas também a Inglaterra e a Espanha antes que estas se tornassem mais densamente povoadas e desenvolvessem suas próprias indústrias. Com o decorrer do tempo, a indústria da lã nos Países Baixos tornou-se cada vez mais dependente das importações de lã. No início do período urbano na Europa, a Inglaterra tinha uma densidade populacional menor do que as áreas vizinhas no Continente e era uma área economicamente atrasada que dependia da exportação de cereais e lã para as áreas continentais mais avançadas. Um comércio triangular se desenvolveu, no qual as indústrias têxteis nos Países Baixos forneciam parcialmente seu mercado interno, mas parcialmente exportavam tecido para a Alemanha, assim se fornecendo com os meios para comprar lã na Inglaterra e cereais na Alemanha⁸⁵. (Boserup, 1981, p. 104)

⁸⁵ As early as the tenth century, towns in the Netherlands imported cereals from the shores of the northern seas, but only around 1500 did bulk shipments become feasible.⁴ It became cheaper for German towns as well to get cereals by boat than overland from German villages. Spain began to import cereals from the Baltic in the fifteenth century, and England, in the sixteenth century. At that time, the Low Countries were heavily dependent upon imports of cereals, and in the mid-sixteenth century, imports seem to have accounted for 12-15 per cent of their total grain consumption.⁶ A very large share of urban consumption was dependent on imports. Imports allowed many towns to grow beyond the capacity set by local food production. They could use the land in the neighborhood

Para ser mais preciso, lança luz sobre um arranjo logístico e produtivo que, resistindo em meio aos marcos da economia orgânica, ensaiava formas de expansão urbana sustentadas pela dissociação parcial entre produção agrícola local e abastecimento alimentar. Embora o comércio com regiões exteriores à Europa tenha se tornado maior apenas após a Revolução Industrial, com o crescimento dos fluxos materiais voltados à densidade, o que nos importa sublinhar é que, no período anterior, as trocas intraeuropeias, articuladas por redes fluviais e marítimas de média escala, cumpriram papel ativo na liberação da terra nas proximidades das cidades para usos mais intensivos e menos compatíveis com a lógica da mobilidade.

Os navios disponíveis à época cruzavam os mares com carga modesta e custos elevados, o que restringia o raio efetivo das trocas de alimentos e matérias-primas, contudo, não impedia, ao contrário, que as cidades reconfigurassem sua base material a partir de importações regulares de grãos provenientes de regiões excedentárias. O ponto a que devemos nos ater, portanto, é que essas importações permitiam que muitos centros urbanos crescessem além da capacidade determinada por sua produção alimentar local.

Dito de outro modo, fica claro que participação no comércio pré-industrial impunha limites claros que iam além da simples vontade ou capacidade produtiva local, exigindo condições específicas ligadas à energia e à estrutura territorial. Para que uma cidade ou região pudesse integrar-se a esses circuitos comerciais, era necessário possuir produtos exportáveis ou lucros comerciais suficientes para financiar as importações de alimentos e matérias-primas, revelando uma dependência recíproca que conectava excedentes de uma região à carência de outra. Esse processo estava densamente relacionado à energia disponível para transportar bens, pois a viabilidade do comércio dependia do custo energético do transporte, sobretudo via rotas aquáticas, que ampliavam o alcance das trocas.

Regiões com densidade populacional baixa, como a Inglaterra nos primórdios do período urbano europeu, ofereciam excedentes agrícolas e têxteis que as tornavam fornecedoras

for intensive cultivation of products which were difficult or impossible to transport over long distances, and reduce their production of cereals and other more easily transportable products. But a town could, of course, engage in this form of specialization of labor only if it had suitable export products or trading profits, with which to pay for the food imports and imports of land-using raw materials. The areas which exported food and land-using raw materials to the growing industrial areas in Western and Central Europe included not only northern and eastern Europe, which were linked to the urbanized areas by water transport, but also England and Spain before these grew more densely populated and developed their own industries. In the course of time, the wool industry in the Low Countries became increasingly dependent upon wool imports. At the beginning of the urban period in Europe, England had lower population density than the neighboring areas on the Continent and was an economically backward area which relied on exports of cereals and wool to the more advanced continental areas. A triangular trade developed, in which the woolen industries in the Low Countries partly supplied their home market but partly exported cloth to Germany, thus providing themselves with the means to buy wool in England and cereals in Germany.

para centros mais dinâmicos. Com o alargamento progressivo dessas redes, a integração entre esferas territoriais distintas passou a desenhar uma geografia funcional cada vez mais extensa, de modo que o gesto de 1492, ao incorporar as civilizações americanas à malha euro-afro-asiática, jamais inaugurou uma nova lógica, mas prolongou uma tendência de expansão do raio comercial que, sob o impulso, servira à densificação regional e passaria, gradualmente, a sustentar a viabilidade da escala global, ainda em seus limites.

1.2.3.2 Comércio de 1500 a 1750

Como já falamos, havia-se muitas rotas de comércio antes de 1500 e o comércio mundial de longa distância contribuiu para um certo grau de capacidade de diálogo de organização social, política e econômica entre as várias culturas. A par de, mesmo no auge do Império Romano, cuja administração territorial se estendia por vastas regiões litorâneas e cuja urbanização requeria o fluxo constante de alimentos, materiais e luxos, o transporte terrestre mantinha-se oneroso e limitado, restringindo a integração de regiões interiores e impondo severos custos logísticos. Essa realidade não decorria da ausência de mercados ou da falta de mercadorias, mas da impossibilidade de mover grandes volumes por longas distâncias sem o apoio da navegação, sobretudo marítima, que já naquele tempo viabilizava as rotas do trigo egípcio. Nenhuma delas foi monopolizada por um único poder político, com a exceção do controle mongol da Rota da Seda durante o século XIII⁸⁶.

⁸⁶ O domínio mongol, consolidado entre os séculos XIII e XIV, corresponde ao período em que os descendentes de Gêngis Khan controlaram vastas porções da massa continental euroasiática, formando o maior império terrestre contínuo da história. Após as conquistas iniciais, o império foi subdividido entre diferentes linhagens, como os Ilkhanatos, os Chagataidas, os Jochidas (Horda Dourada) e os Yuan na China, mas manteve, por cerca de um século, uma relativa coesão funcional, especialmente em termos de mobilidade, governança e circulação de mercadorias, pessoas e informações. A chamada Pax Mongolica, deu forma a um sistema que reorganizou os fluxos de intercâmbio no interior da Ásia Central e integrou regiões antes apartadas em um circuito comercial transcontinental. Como descreve Favereau (2019), esse período foi uma reativação das antigas rotas da seda e, além, uma transformação qualitativa das relações econômicas e políticas entre sociedades distantes. A interligação entre o Mediterrâneo, a Índia e a China foi catalisada pela mobilidade militar dos mongóis e pela implementação de instituições voltadas à estabilização dos fluxos comerciais: padronização de pesos e medidas, acordos diplomáticos com potências regionais como os mamelucos, os bizantinos e as cidades-Estado italianas, incentivo ao uso de idiomas e escritas comuns, além do estímulo à adoção de práticas financeiras que conectaram o mundo islâmico ao sistema tributário e contábil chinês. Embora algumas reformas monetárias tenham sido limitadas como a dificuldade de implantar notas fiduciárias no Oriente Médio, houve monetarização significativa em áreas anteriormente não monetizadas, como os principados russos sob domínio jochida. A ordem econômica resultante foi tanto consequência da força militar quanto da construção ativa de mecanismos de integração e estabilidade em larga escala. A presença dos ortaqs, sócios financeiros autorizados a operar redes comerciais e bancárias dentro do império, exemplifica esse esforço institucionalizado de facilitar o comércio e garantir sua continuidade mesmo em períodos de fragmentação política interna. Nesse mesmo sentido, Lindkvist e Myrdal (2018) demonstram que o controle mongol operou como catalisador da longa tradição de intermediação nômade nas trocas através da Ásia Central e do Saara. As grandes cidades de encruzilhada, como Samarcanda, Bukhara e também Timbuktu, serviam de entrepostos entre sociedades sedentárias e redes móveis de distribuição, onde os nômades desempenhavam papéis simultaneamente militares, logísticos e comerciais. A cultura guerreira e pastoral desses grupos exigia

A transição que se inicia a partir do século XVI, assim, é a expansão natural dessa rede já existente, em uma recomposição das hierarquias espaciais que passa a depender da supremacia naval europeia e do avanço militar ultramarino. Áreas que até então permaneciam exteriores ao circuito eurasiático acabam, sob efeito subsequente, sendo incorporadas. Essa incorporação ocorre não por meio de trocas simétricas, mas pela força da conquista e pelo processo de colonização. Isso fica claro nos casos “americanos”, especificamente aos ameríndios, que se ligam ao sistema global a partir da ocupação territorial, do trabalho compulsório e da reconfiguração da natureza econômica da periferia atlântica. Lindkvist e Myrdal (2018, p. 526) lembram que rotas comerciais de grande extensão, como a Rota da Seda, exigiam organização e planejamento mesmo diante de interrupções, saques ou tributos; o comércio persistia, operando sob a administração de numerosos pequenos comerciantes:

Uma rota comercial tão longa quanto a Rota da Seda poderia ser sujeita a interrupções de tal forma que a escassez de diversos bens de luxo fosse causada por saques e pela cobrança de tributos. Esses fatores forçaram um grau maior de organização e planejamento para garantir o comércio de longa distância, embora o comércio pudesse continuar mesmo sob condições políticas mais fragmentadas sob a administração habilidosa de inúmeros pequenos comerciantes. O que aconteceu então por volta de 1500? Não foram os europeus que descobriram o mundo. Mas a Europa, ou melhor, a Europa Ocidental, tornou-se mais integrada ao sistema de comércio global e foi se tornando cada vez mais um mercado para produtos asiáticos. Por trás da expansão europeia a partir do final do século XV, havia uma competição interna europeia pelo acesso a produtos asiáticos preciosos. Isso levou, a princípio, os portugueses, seguidos mais tarde por outras nacionalidades, a explorar novas rotas marítimas para a Índia. Uma expansão econômica mundial na Alta Idade Média nos séculos em torno do ano 1000 foi um pré-requisito para a contínua expansão do comércio por toda a Eurásia e Norte da África⁸⁷

Dado acima, a competição interna europeia pelo acesso a produtos asiáticos impulsionou a busca por novas rotas marítimas e consolidou a expansão econômica mundial iniciada já na Alta Idade Média. Ou seja, o traço mais distintivo desse novo período não se

estruturas redistributivas que recompensassem fidelidade e combatividade, o que levou à formalização de práticas como tributos, mediação de caravanas e, quando necessário, pilhagem legitimada. Sob a hegemonia mongol, essas dinâmicas se rearticularam de maneira a conferir estabilidade às rotas de longa distância, inclusive com a reorganização das redes de circulação em função das preferências logísticas do império. Após as violentas campanhas iniciais, o comércio terrestre passou a operar sob a lógica de hegemonia imposta e garantida pela criação de instituições formais e práticas de segurança interestepes. O século XIV marcou o auge dessas redes, antes que as transformações das rotas marítimas, a partir do final do século XV, redesenhassem os polos da interdependência comercial.

⁸⁷ A trade route as long as the Silk Road could be subjected to disruptions in such a way that shortages of various luxury goods were caused by plundering and the taking of tributes. These factors forced a higher degree of organization and planning to secure long-distance trade, although trade was able to continue even under more politically fragmented conditions under the deft management of numerous petty merchants. What happened then around 1500? It was not the Europeans that discovered the world. But Europe, or rather Western Europe, became more integrated into the global trade system and was increasingly a market for Asian products. Behind the European expansion from the late fifteenth century was an internal European competition of access to precious Asian products. It led, at first, the Portuguese, followed later by other nationalities, to explore new, maritime routes to India. A worldwide economic expansion in the High Middle Ages in the centuries around the year 1000 was a prerequisite for the continuous expansion of trade throughout Eurasia and North Africa.

encontra na emergência do comércio em si, mas no fato de que, a partir dele, na possibilidade de realizar transporte marítimo em volumes maiores e sob controle cada vez mais exclusivo de um número reduzido de centros de poder político e financeiro. Do final do século XV e início do XVI há maior concentração e controle político sobre essas redes.

Tais formas, como veremos mais detidamente na Parte II, são inseparáveis da concentração de poder em determinados polos e da capacidade de projetá-lo através de mares e continentes, compondo uma infraestrutura normativa, fiscal e militar que torna viável a redistribuição de fluxos energéticos e produtivos em escala global. Por ora, importa reconhecer que o processo de expansão europeia reorienta o eixo das rotas comerciais para os mares atlânticos e Índicos ao incorporar vastas extensões territoriais americanas ao circuito de abastecimento e extração, prolongando os limites funcionais do espaço europeu e oferecendo, ao menos temporariamente, maior fôlego aos constrangimentos impostos pelas fronteiras biofísicas do continente.

No início da era moderna, a Europa já estava repartida em um sistema de Estados-nação soberanos, onde a competição por recursos e territórios era intensa. A América, com suas extensões de terra fértil, minas de prata e recursos naturais abundantes, funcionou como uma “válvula de escape” para essas pressões, nos termos de Jones (2003) ao aumentarem a dotação de terras europeias per capita por um fator de seis. A média de terras disponíveis por pessoa na Europa Ocidental saltou de 24 acres em 1500 para 148 acres. Esse ganho, embora não totalmente utilizado no período pré-industrial, gerou um impacto significativo no sistema energético regional europeu. A exploração de terras distantes, como as da América do Norte, América do Sul, África do Sul, Austrália e Rússia, permitiu à Europa acessar recursos naturais em uma escala sem precedentes. Em que, a chegada de matérias-primas, investimentos e tecnologias gerados para explorar esses recursos, amplificou os efeitos do comércio interno europeu, dispondo a base para a Revolução Industrial:

(...) os grãos podiam ser cultivados na América do Norte temperada, primeiro ao longo da costa leste arborizada, depois no interior, bem como em pastagens na América do Sul, África do Sul, Austrália e nas estepes do sul da Rússia. Não é demasiado portentoso afirmar que a reserva de energia nas pastagens e florestas desmatadas nas regiões pouco povoadas do globo foi quebrada de uma vez por todas em nome da civilização europeia. Muito disso aguardava o final do século XIX. Uma parcela sem paralelo dos recursos biológicos da Terra foi adquirida para esta cultura, em uma escala sem precedentes e irrepetível. (...) A área média de terra disponível per capita na Europa ocidental em 1500 era de 24 acres, e os Descobrimentos aumentaram para 148 acres per capita, um ganho de seis vezes. A utilização total do potencial de recursos foi adiada, em parte pelas seduções do metal precioso. Mas, mesmo no período pré-industrial, as emissões das matérias-primas e do investimento de capital e da tecnologia gerados para as explorar foram um impulso para os impulsos de desenvolvimento já libertados pelo crescimento do comércio dentro das fronteiras da Europa. Chegaram mercadorias que nunca poderiam ter sido produzidas em casa a um

custo nada menos do que infinito. Uma variedade de climas foi efetivamente acoplada à própria Europa. Novas plantas de cultivo foram adicionadas à flora cultivada bastante depauperada da Europa mundial⁸⁸. (Jones, 2003, p. 82)

Pomeranz (2000) descreve esse fenômeno como a criação de "acres fantasmas", terras virtuais que, embora fisicamente localizadas em regiões remotas, passaram a fazer parte do estoque de recursos acessíveis para os países europeus. Ele mostra como a madeira americana substituiu a produção de mais de 1.000.000 de acres de floresta europeia no início do século XIX, enquanto a prata do Novo Mundo financiou importações de madeira do Báltico, equivalentes a outros 650.000 acres:

Carne seca, além de navios, armazéns navais à base de madeira e pequenas quantidades de madeira e grãos pouparam algumas terras no final do século XVIII e muito no início do século XIX. As exportações de madeira da América do Norte para a Grã-Bretanha, por exemplo, eram triviais antes de 1800 (embora as exportações para o sul da Europa não fossem); mas em 1825, eles eram grandes o suficiente para substituir a produção de mais de 1.000.000 acres de floresta europeia e dispararam a partir de então. Algumas economias também vieram indiretamente, já que a prata do Novo Mundo e as reexportações pagaram grande parte das importações de madeira do Báltico da Grã-Bretanha (que substituiu a produção de cerca de 650.000 acres por ano nas décadas de 1780 e 1790). Dado que o total de terras aráveis da Grã-Bretanha era de aproximadamente 17.000.000 acres, os 3.000.000-4.000.000 de "acres fantasmas" do Novo Mundo encontrados até agora são uma adição não trivial à base de terras da Grã-Bretanha, mesmo sem algodão - e antes do boom muito, muito maior nas importações americanas em meados do século XIX⁸⁹ (Pomeranz, 2000, p. 275)

Em linhas gerais, a Europa obteve produtos tropicais pelo comércio transatlântico que adicionaram mais calorias com menos terra, onde um acre de cana-de-açúcar produzia tantas calorias quanto quatro acres de batatas ou até doze acres de trigo, como Pomeranz (2000, p.113).

⁸⁸ (...) grain could be grown in temperate North America, at first along the forested eastern seaboard, later in the interior, as well as on grassland in South America, South Africa, Australia, and the steppes of southern Russia. It is not too portentous to claim that the store of energy in grasslands and cleared forest in the thinly populated parts of the globe was broken into once and for all on behalf of European civilization. Much of this awaited the late nineteenth century. An unparalleled share of the earth's biological resources was acquired for this one culture, on a scale that was unprecedented and is unrepeatable. (...) The average area of land available per capita in western Europe in 1500 had been 24 acres, and the Discoveries raised this to 148 acres per capita, a six-fold gain. Full utilization of the resource potential was deferred, partly by the seductions of precious metal. But even in the preindustrial period the 'fall-out' of raw materials and the capital investment and technology generated to exploit them was a boost to the development impulses already being released by the growth of trade within Europe's borders. Commodities came in that could never have been produced at home at anything less than an infinite cost. A range of climates was effectively coupled to Europe's own. New crop plants were added to the rather depauperate cultivated flora of medieval Europe, a half-tone world that is hard to envisage now, though a glimpse may be caught at Lytes Cary

⁸⁹ Dried meat, plus ships, wood-based naval stores, and small amounts of timber and grain spared some land in the late eighteenth century and a good deal in the early nineteenth century. North American timber exports to Britain, for instance, were trivial before 1800 (though exports to southern Europe were not); but by 1825, they were large enough to replace the output of over 1,000,000 acres of European forest and soared thereafter.⁴⁵ Some savings also came indirectly, as New World silver and reexports paid for much of Britain's Baltic timber imports (which replaced the output of about 650,000 acres per year in the 1780s and 1790s). Given that the total arable land of Britain was roughly 17,000,000 acres,⁴⁶ the 3,000,000-4,000,000 New World "ghost acres" found so far are a non-trivial addition to Britain's land base, even without cotton—and before the much, much larger boom in American imports in the mid-nineteenth century

Em outras palavras, a Europa antes da máquina a vapor já havia mudado de um modelo de desenvolvimento ecologicamente limitado e intensivo em mão de obra para outro muito mais intensivo em energia e terra⁹⁰, em razão da flexibilidade das limitações territoriais. Num mundo onde navios dependia de carvalhos milenares para seu mastro, ao substituir milhões de acres de florestas europeias por madeira americana e do Báltico, pagos, ironicamente, com a prata extraída do outro lado do oceano. Uma dinâmica que refletiu diretamente nas mudanças do poder global, relegando China e Índia à marginalidade (de 1/3 do PIB mundial em 1700 para 7% e 2%, respectivamente, em 1900):

A revolução industrial (ou seja, a vapor) do século XIX alterou radicalmente a economia global e, portanto, o equilíbrio global de poder. Por exemplo, a velocidade e a produção das fábricas da Inglaterra arruinaram e quase extinguiram a antiga indústria têxtil da Índia, interrompendo a vida de milhares de pessoas lá. Durante o século XVIII, Índia, China e Europa foram responsáveis por cerca de 70% do produto interno bruto mundial, cada um fornecendo aproximadamente (aproximadamente) um terço. Em 1900, a participação da China na produção manufatureira mundial caiu para 7%, a da Índia para 2%; a da Europa foi de 60% e a dos Estados Unidos de 20%⁹¹. (Crosby, 2006, p. 78)

Esse ciclo, por sua vez, consolidou o controle europeu sobre os recursos globais e redefiniu a distribuição de poder no mundo porque quanto mais a Europa expandia sua capacidade de transporte, mais recursos podia extrair; e quanto mais recursos extraía, mais podia investir em infraestrutura e poder militar para proteger e ampliar suas rotas. Enquanto a Europa ascendia, outras regiões, como China e Índia, eram relegadas à marginalidade. Esse fenômeno é tratado como a “Grande Divergência”, de um abismo econômico entre territórios europeus industrializados e o restante do mundo. Antes desse ponto de inflexão, a supremacia produtiva oscilava entre os grandes polos urbanos e comerciais, sendo que o vale do Yangtzé, com sua rede integrada de transportes, agricultura intensiva e manufatura avançada, figurava como uma das regiões de maior densidade econômica do planeta. Enquanto a Europa exportou suas pressões para além-mar, a China precisava esticar seu sistema até o limite, sem uma válvula de escape comparável⁹².

⁹⁰ “move off a path of ecologically constrained, primarily labor-intensive development (which it shared with China and Japan) onto a far more transformative path that used prodigious amounts of both energy and land” (Pomeranz, 2000, p. 113)

⁹¹ The industrial (i.e., steam) revolution of the nineteenth century radically altered the global economy and thereby the global balance of power. For instance, the speed and output of England’s mills blighted and nearly extinguished the ancient textile industry of India, disrupting the lives of thousands there. During the eighteenth century, India, China, and Europe had accounted for about 70 percent of the world’s gross domestic product, each providing roughly (very roughly) one third. By 1900, China’s share of the world’s manufacturing output was down to 7 percent, India’s to 2 percent; Europe’s was 60 percent and the United States’s 20 percent.

⁹² Como coloca Pomeranz (2000, p. 22), “Unless these goods can be acquired by trade, the only way to keep increasing output is by working the land more intensely, which with the technologies then available meant higher farm-product prices, lower per capita productivity, and a drag on industrial growth. Signs of both serious ecological

O que isso traz à tona é que, como Pomeranz (2000) demonstra, a industrialização não emergiu de um acúmulo progressivo de superioridade europeia, mas, da disposição particular de insumos energéticos e instituições que permitiram à Inglaterra incorporar o novo regime técnico antes dos demais que dependeu de uma expansão geográfica sem precedentes, já que a Europa não superou suas limitações apenas utilizando o carvão, mas apropriando-se de ecossistemas globais. Ou melhor, os algodoeiros da América escravizada, os campos cerealíferos dos interiores norte-americanos e os engenhos açucareiros das Antilhas foram metabolizados como se orbitassem sob o mesmo eixo agrário-econômico europeu, o que redistribuiu a pressão ecológica para além do continente como se constituíssem extensões virtuais de suas próprias terras, permitindo que a pressão sobre os campos europeus fosse desviada para além do Atlântico. Entretanto, a Europa enfrentaria suas próprias crises quando as colônias se exaurissem ou desafiassem o domínio metropolitano. A verdadeira ruptura ainda estava por vir com a ascensão da economia fóssil, o carvão desatrelou o crescimento da biomassa, rompendo um impasse milenar e redefinindo, como veremos a seguir, os próprios alicerces do desenvolvimento humano.

1.3 ECONOMIAS MINERAIS E OS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS COMO FUNDAMENTO PRODUTIVO

O mundo que exploramos até este ponto pode ser compreendido como aquele que se formou a partir da revolução agrícola e persistiu, com variações e recombinações, de 5000 a.C., até as vésperas do século XVIII. Foi nesse intervalo que a humanidade ergueu sistemas de governo, comércio e organização do trabalho cada vez mais complexos, e, combina ressaltar, como é o nosso recorte, sempre ancorados na conversão lenta e dispersa da energia solar, seja através da força muscular dos corpos, seja pela produtividade das terras cultivadas. Os impérios, chineses, islâmicos, europeus, ameríndios, eram os arranjos mais sofisticados que se podia alcançar sob um teto bioenergético fixo: sofisticados não porque suplantassem esse limite, de modo que se observa, por operarem em seu interior administrando populações, transportes e

bottlenecks and spiraling poverty among too-numerous proto-industrial workers and underemployed farm laborers are as evident in many regions of mid-eighteenth-century Europe as in comparable parts of China or Japan—indeed, perhaps more so. But then, I will argue, Europe and east Asia changed places”. Ou seja, na medida em que a Europa pôde aliviar suas pressões internas através do comércio atlântico e da exploração do Novo Mundo, a China, por exemplo, permaneceu confinada aos limites de sua economia orgânica. O crescimento populacional intensificou a demanda por terra, necessária para a produção de combustível, fibras e outros bens essenciais ao desenvolvimento industrial. Sem acesso a recursos externos em escala comparável, a única alternativa para a China era trabalhar a terra mais intensamente. No entanto, com as tecnologias então disponíveis, isso resultava em custos mais altos para produtos agrícolas, menor produtividade per capita e, conseqüentemente, um entrave ao crescimento industrial.

excedentes dentro dos estreitos corredores definidos pela ecologia e pelo metabolismo. A expansão comercial, por sua vez, servia menos como uma solução para o problema da energia e mais como um modo de redistribuir escassez, deslocando recursos de um ponto a outro sem, em linha oposta, alterar o teto estrutural que balizava o crescimento material e limitava os próprios meios desse com transportes de baixa eficiência.

Na subseção anterior, sobre o comércio pré-industrial, Roma vivia da expansão e quando essa estagnou, o Império se desintegrou como uma reorganização adaptativa aos limites. A "complexidade" imperial, com seu aparato burocrático, exércitos permanentes e redes de tributação, exigia custos energéticos e materiais insustentáveis para os recursos disponíveis, enquanto os reinos germânicos pós-romanos, mais simples, operavam dentro de uma lógica de eficiência marginal, dado, como Tainter (1988, p. 151) aborda, dos custos decrescentes da complexidade:

A complexidade já não gerava benefícios superiores à desintegração, e, no entanto, custava muito mais. O colapso resultou ao mesmo tempo em uma redução nos custos da complexidade e um aumento no retorno marginal de seu investimento. Os menores reinos germânicos que sucederam o domínio romano no Ocidente foram mais bem-sucedidos em resistir a incursões estrangeiras (por exemplo, Hunos e Árabes) do que o havia sido o Império tardio. Eles fizeram isso, além disso, a custos administrativos e militares mais baixos. A prosperidade econômica do Norte da África na verdade aumentou sob os Vândalos, mas diminuiu novamente sob a reconquista de Justiniano, quando os impostos imperiais foram reimpostos. Assim, o paradoxo do colapso: uma queda na complexidade traz consigo um aumento correspondente no retorno marginal do investimento social⁹³.

Em outras palavras, trata-se de uma otimização dos recursos dentro dos limites biofísicos vigentes, o que conduz a uma inversão do questionamento tradicional acerca da ausência de desenvolvimento econômico em Roma, reformulando-o para indagar por que Roma não exibiu um padrão econômico anômalo. Sob essa perspectiva, a aparente carência de crescimento econômico romano perde parte de sua problematização, uma vez que não se configurava uma pressão suficiente para impulsionar uma transformação qualitativa na eficiência energética. Tal cenário contrasta com a experiência inglesa do século XVIII, cujo processo industrial emergiu precisamente em resposta a um quadro de estresse energético provocado pela superpopulação, pela escassez de recursos florestais, pela crescente demanda por carvão e, finalmente, pela emergência de inovações técnicas.

⁹³ The collapse yielded at the same time both a reduction in the costs of complexity and an increase in the marginal return on its investment. The smaller, Germanic kingdoms that succeeded Roman rule in the West were more successful at resisting foreign incursions (e.g., Huns and Arabs) than had been the later Empire. They did so, moreover, at lower administrative and military costs. The economic prosperity of North Africa actually rose under the Vandals, but declined again under Justinian's reconquest when Imperial taxes were reimposed. Thus the paradox of collapse: a drop in complexity brings with it a corresponding rise in the marginal return on social investment

O Império Romano tardio operava em um contexto inverso: subpopulação, terras abandonadas e mão de obra escassa. Um equilíbrio para baixo, que para o autor, a complexidade técnica não oferecia retorno marginal, ao contrário, impor inovações de cima para baixo (como tentaram os imperadores) era inútil, numa estabilidade em um patamar de “baixa” complexidade, onde os custos da mudança superavam quaisquer benefícios potenciais. Vale enfatizar que, de modo algum, é que as sociedades orgânicas estivessem perpetuamente à beira do colapso. O que distingue essa nova fase, a transição fóssil, não é a capacidade de produzir excedentes, até porque como a Escola da Califórnia⁹⁴ afirma, através de dados sobre renda, expectativa de vida e comércio, essas economias frequentemente superavam as necessidades básicas (Pomeranz, 2000). A questão era se essa produção poderia aumentar sem enfrentar as limitações da conversão de energia e à possibilidade de expansão sustentada,

A sequela, porém, era que, como observa McNeill (2000), um Imperador Ming ou um Faraó Egípcio não possuía, reduzindo ao essencial de potência útil, mais recursos à sua disposição do que um operador de escavadeira ou um simples comandante de tanque militar moderno. Com a terra como fundamento produtivo, ainda que a expansão territorial pudesse aumentar o suprimento total de energia sob o controle do soberano, ao incorporar mais pessoas, mais animais e mais terras cultiváveis, havia um limite de que não era possível concentrar indefinidamente mais corpos em um mesmo espaço sem que a desorganização e o esgotamento impusessem um freio à quantidade de trabalho efetivamente executável.

Cada acréscimo demográfico pressionava estoques finitos de alimentos, combustíveis e materiais de construção, tornando inevitável o declínio da renda per capita e a intensificação dos ciclos de escassez⁹⁵ e não somente da existência de conhecimento técnico ou à disponibilidade de técnicas produtivas que, de fato, já envolviam avanços notáveis em metalurgia, engenharia hidráulica e organização agrária. Como mostra a tabela 4, os alimentos vegetais, como frutas e tubérculos, oferecem entre 0,8 e 5,0 MJ/kg de densidade energética, enquanto os óleos e gorduras animais, considerados fontes de alta densidade no contexto agrícola, podiam alcançar cerca de 35 MJ/kg. Esse último, representava um valor significativo

⁹⁴ A Escola de História Econômica da Califórnia é uma forma de estudar a história econômica do começo do mundo moderno. Essa abordagem defende que, entre 1400 e 1800, as economias mais desenvolvidas da Eurásia eram bastante parecidas em muitos aspectos. Segundo essa ideia, a Grande Divergência, que foi o afastamento econômico entre o Ocidente, principalmente a Europa Ocidental, e o Resto, como China, Índia e Japão, só começou de verdade com a industrialização no século XIX. A causa fundamental dessa divergência é atribuída à disponibilidade de recursos e às interconexões globais. Entre os principais proponentes dessa abordagem estão Pomeranz (2000), Wong (1997), Goldstone (2002), Lee e Wang (1999), Flynn e Giraldez (1995), Marks (2002), Frank (1998), Goody (1996) e Hobson (2004).

⁹⁵ Uma taxa sustentada de crescimento da produção de até 0,5% ao ano era desconhecida, o que significava dobrar em cerca de 140 anos e um aumento de doze vezes em 500 anos (Wrigley, 2010).

dentro do regime, porém, que qualquer tentativa de ampliação esbarrava na necessidade de expandir a área cultivável, o que, por sua vez, exigia, na sequência, mais força muscular.

Tabela 4 - Densidade energética de diferentes fontes de energia (em MJ/Kg)

Fonte de energia	Densidade energética (MJ/Kg)
Vegetais, Frutas	0,8–2,5
Tubérculos, Leite	2,5–5,0
Carnes	5,0–12,0
Cereais E Leguminosas	12,0–15,0
Óleos, Gorduras Animais	25,0–35,0
Turfa, Madeira Verde, Gramíneas	5,0–10,0
Resíduos Agrícolas, Madeira Seca Ao Ar	12,0–15,0
Madeira Seca, Carvão Betuminoso	17,0–21,0 / 18,0–25,0
Carvão Vegetal, Antracito	28,0–32,0
Petróleo Bruto	40,0–44,0

Fonte: Smil, 2017, p. 12.

Acrescente-se que esses impérios já dominavam a metalurgia de ferramentas, armas e infraestruturas⁹⁶, porém só esse conhecimento não bastava para expandir indefinidamente a produção, pois os fornos, alimentados por lenha com densidade energética entre 17 e 21 MJ/kg ou, na melhor das hipóteses, por carvão vegetal de até 32 MJ/kg, estavam limitados pela velocidade de regeneração das florestas. Os mecanismos de velas, moinhos de vento e moinhos de água contribuíram com um leve aumento nessa oferta. Smil (2015), ao retomar os cálculos de Hammersley (1973), demonstra que a madeira foi um fator limitante para a indústria de ferro inglesa, com a colheita máxima estimada em apenas um milhão de toneladas por ano. Durante o século XVIII a Inglaterra tenha se tornado fortemente dependente das importações de ferro, primeiro da Suécia e depois da Rússia. Até que na década de 1770, dois terços de sua demanda eram cobertos por metais estrangeiros. O ponto de inflexão ocorreu com a substituição do carvão vegetal pelo coque, permitindo que a produção de ferro-gusa saltasse de vinte e cinco mil toneladas em 1750 para dois milhões e meio de toneladas um século depois.

⁹⁶ Nas civilizações clássicas e medievais, o ferro era fruto de processos artesanais, o que resultava em quantidades limitadas de produção, obtido diretamente do minério através do uso do carvão de madeira. Entretanto, à medida que a Baixa Idade Média gradualmente cedia espaço à transição para a Idade Moderna e a revolução industrial, o aço era um recurso escasso, utilizado em pequenas quantidades e reservado principalmente para adornar espadas e talheres. Mais versátil que o próprio ferro, sua ductilidade permitia ser moldado facilmente, oferecendo uma ampla gama de aplicações, seu processo de produção em larga escala tornou-se novamente viável em razão da guerra e da demanda militar crescente. Henry Bessemer, um inventor inglês, em sua busca por ultrapassar as limitações dos canhões da época, desenvolveu um novo e mais eficiente método de fundição (MENDES, 2000; MORANDI, 2009). Usando o próprio calor gerado pela oxidação: “Seu problema consistia em encontrar aço em lingotes maiores, com uma constituição homogênea e suficientemente barato para viabilizar seu projeto” (MORANDI, 2009, p. 08). Ainda que, um sistema semelhante ao processo Bessemer existisse desde o século XI no Leste Asiático. Hartwell (1966) escreve que os chineses da Dinastia Song (960–1279 dC) inovaram um método de “descarbonização parcial” de forjamento repetido de ferro fundido sob uma explosão de frio.

O carvão, especialmente nas formas mais puras como o antracito, eleva essa cifra para até 32 MJ/kg de maneira regular e previsível, sem depender da renovação biológica anual. Igualmente é a densidade energética do petróleo bruto, que chega a 44 MJ/kg, quase o triplo da energia contida em uma mesma quantidade de cereais e quase o dobro da energia acumulada na madeira. Colocando em linha, portanto, o fundamento produtivo deixou de ser a terra e passou a ser o que estava abaixo dela, os depósitos minerais que, por milhões de anos, haviam armazenado energia solar em forma de carbono concentrado⁹⁷. Wrigley (2010, p. 16) coloca que se o consumo de madeira crescesse a 1,3% ao ano, taxa alcançada pelo carvão, em dois séculos seriam necessárias 16 vezes mais terras apenas para manter o ritmo, algo fisicamente impossível:

Produzir uma tonelada de barra de ferro na Inglaterra do século XVII envolvia consumir cerca de 30 toneladas de madeira seca. Se metade da superfície terrestre da Grã-Bretanha tivesse sido coberta por floresta, teria sido suficiente apenas para produzir talvez 11/4 milhão de toneladas de barras de ferro com base no rendimento sustentado. A aritmética simples, portanto, deixa claro que era fisicamente impossível produzir ferro e aço na escala necessária para criar um sistema ferroviário moderno, ou construir grandes frotas de navios de aço, ou permitir que cada família tivesse um carro, se a energia térmica necessária para fundir e processar o ferro e o aço viesse de madeira e carvão vegetal⁹⁸

A adoção do carvão mineral, multiplicou a escala da produção de ferro e aço, criando um ciclo de feedback positivo em que o que antes o confinava a aplicações altamente seletivas, tornou-se progressivamente marginal em relação ao total das estruturas industriais e de transporte, viabilizando a multiplicação de bens de capital e a normalização de projetos massivos, como ferrovias e couraçados, que antes seriam economicamente inviáveis. Por comparação, a energia disponibilizada por esse recurso foi para a construção de infraestrutura, além de alimentar a indústria do ferro e do aço, com sem ela seria impossível, permitindo que a infraestrutura produtiva se expandisse e que a complexidade crescente do aparato produtivo moderno da fabricação de peças, sejam engrenagens, eixos, trilhos, caldeiras ou estruturas

⁹⁷ Como coloca Crosby (2006, p. 62), nossos combustíveis fósseis são, senão, estoques do Sol: “O carvão é o que pode acontecer com a turfa depois de muito tempo. São os restos reduzidos e compactados de florestas com milhões e milhões de anos, florestas de musgos, com cerca de 30 metros de altura, de juncos gigantes de cavalinha, de flora em uma profusão mal igualada por nossas selvas mais luxuriantes hoje. Sua densidade de energia é no mínimo o triplo da turfa. O petróleo é o que resta de minúsculos organismos, fitoplâncton, que viveram nos oceanos há muito, muito tempo, morreram e se acumularam em águas deficientes em oxigênio e depois foram enterrados de 7.500 a 15.000 pés de profundidade por tempo suficiente para que a pressão e o calor os transformassem em líquidos. (Abaixo de 15.000 pés, as condições são tão extremas que o resultado, não o líquido, é o gás.) Este líquido então se acumulou sob tampas impermeáveis de pedra para aguardar nosso prazer”.

⁹⁸ To produce a ton of bar iron in seventeenth-century England involved consuming about 30 tons of dry wood.¹⁴ If half the land surface of Britain had been covered with woodland, it would only have sufficed to produce perhaps 1¼ million tons of bar iron on a sustained-yield basis. Simple arithmetic, therefore, makes it clear that it was physically impossible to produce iron and steel on the scale needed to create a modern railway system, or to construct large fleets of steel ships, or to enable each family to have a car, if the heat energy needed to smelt and process the iron and steel came from wood and charcoal

metálicas, e a possibilidade de padronização, repetição e integração entre múltiplos elementos do sistema produtivo:

O ferro, por exemplo, tem muitas propriedades físicas que o tornam de maior valor para o homem, mas enquanto a produção de 10.000 toneladas de ferro envolvesse a derrubada de 100.000 acres de floresta, era inevitável que fosse usado apenas onde algumas centenas de pesos ou no máximo algumas toneladas de ferro seriam suficientes para a tarefa em mãos. A resistência e resiliência do aço, e a precisão com que pode ser trabalhado, tornam-no um excelente material para fazer não apenas, digamos, uma mola de relógio ou uma lâmina de Toledo, mas uma vasta gama de ferramentas e máquinas. Mas enquanto o preço do aço em uma economia orgânica necessariamente restringe severamente seu uso, em uma economia baseada em minerais máquinas pesando dezenas de toneladas, navios pesando milhares de toneladas e, de fato, sistemas ferroviários pesando milhões de toneladas podem ser construídos sem esforço econômico excessivo ou ecológico⁹⁹ (Wrigley, 1988, p. 80)

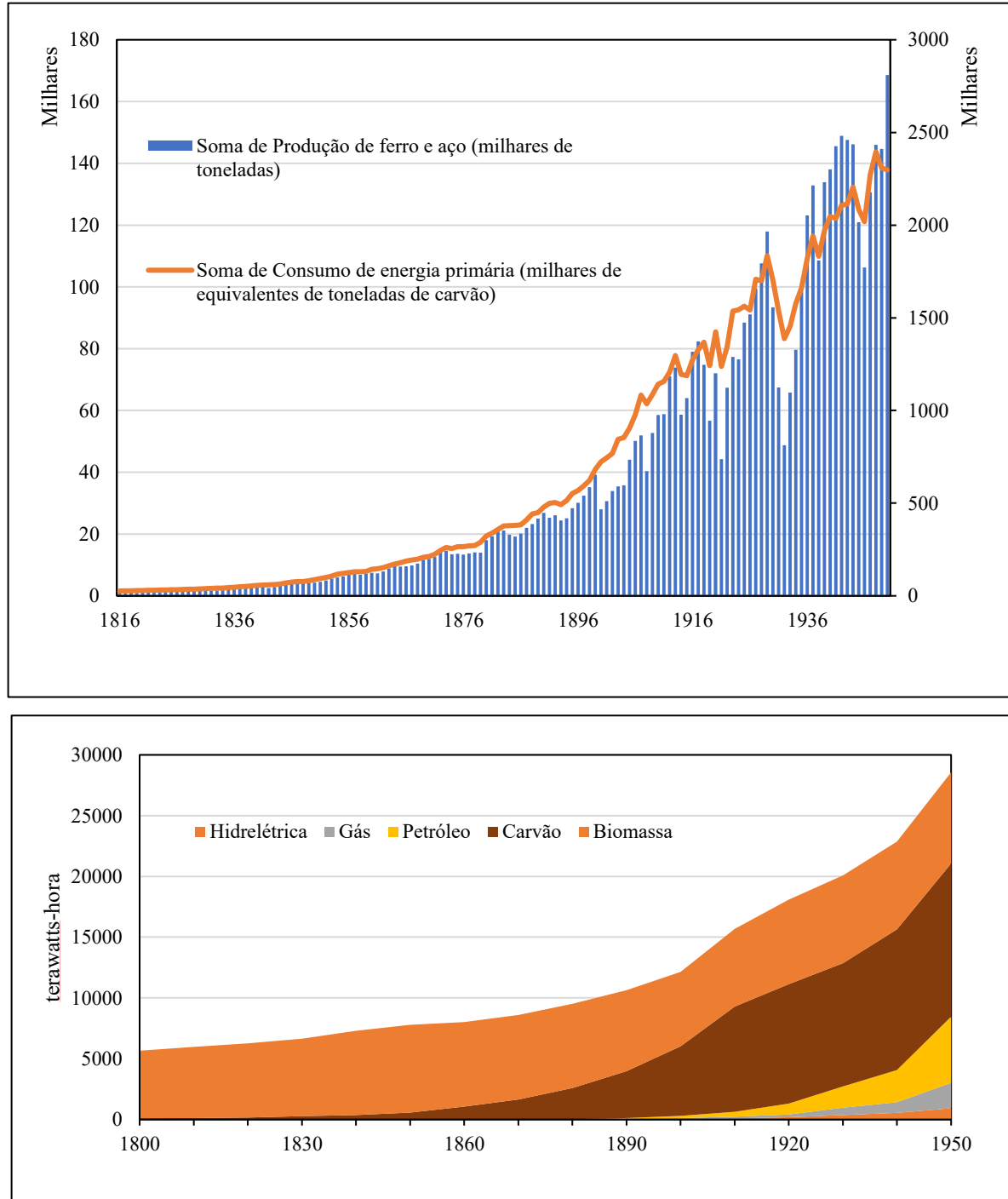
Os próprios dados refletem essa transformação através do paralelismo entre o aumento da disponibilidade energética e o crescimento acelerado da produção de ferro e aço. Quer dizer, como no gráficos abaixo, marcada por um feedback positivo acelerado a partir da Revolução Industrial. Entre 1816 e 1950, a produção siderúrgica multiplicou-se por 56, enquanto o uso energético cresceu 33 vezes.

De tal modo quanto, com escalabilidade sem o "esforço ecológico" em que, no início do século XIX, a energia total disponível era quase integralmente biomassa, já em no início do século XX, a energia disponível chegou a 12.131 TWh, com o carvão somando 47% da matriz (5.728 TWh), e a produção de ferro e aço alcançou 28.015 mil toneladas. Isto se traduz em cerca de 1,2 mil TWh adicionais em carvão por década desde 1850, a produção de aço multiplicou-se por 6,5 vezes em relação a 1850. Duas décadas depois, em 1920, o total energético dado em 21.278 TWh, com o carvão chegando a 10.125 TWh (48% da matriz), e a produção de ferro e

⁹⁹ Changes in energy provision, though so important, were, of course, only one aspect of the substitution of mineral for organic raw materials across an increasing range of the production processes by which the physical needs of a community were met and its living standards determined. The developments that enabled the demand for the necessities of life to be met without creating intolerable pressures on the land have been described. Firing and lodging escaped the old constraints first but were eventually followed by food and clothing too. In addition other goods could be produced in such profusion that the conveniences of an earlier age came to be regarded as necessities; and the luxuries no more than conveniences. All metal products were once scarce and relatively costly. Iron, for instance, has many physical properties that make it of the greatest value to man but as long as the production of 10,000 tons of iron involved the felling of 100,000 acres of woodland, it was inevitable that it was used only where a few hundred-weight or at most a few tons of iron would suffice for the task in hand.¹⁷ The strength and resilience of steel, and the precision with which it can be worked, make it an excellent material from which to make not only, say, a watch spring or a Toledo blade, but a vast range of tools and machines. But whereas the price of steel in an organic economy necessarily restricts its use severely, in a mineral-based economy machines weighing tens of tons, ships weighing thousands of tons and indeed railway track systems weighing millions of tons can all be constructed without excessive economic strain or ecological.

aço em pouco mais de 72 mil toneladas, um pulo de 157%, contra um ganho de produtividade e difusão do carvão na indústria pesada, em ser 75% o aumento na energia total.

Gráfico 2 - Dados Históricos Mundiais Sobre a Produção de Ferro, Aço e Consumo de Energia por Fonte (1800-1950)



Fonte: Elaboração própria com dados de Correlates of War Project – National Material Capabilities (v6.0) (com base em Singer; Bremer; Stuckey, 1972), Energy Institute (2024) e Smil (2017).

Em suma, se em 1913, a produção de aço atingiu 73.938 mil toneladas, seria o equivalente a 7,3 milhões de "lâminas de Toledo" (se cada uma pesasse 10 kg), algo impossível

na economia orgânica. Outro ponto, porém, é que os humanos não consomem carvão. Mas, daí a liberação de transportes, como dissemos, e o atenuante do conflito por espaço e recursos:

Houve um alívio contínuo da pressão sobre a terra, à medida que ela se tornava cada vez mais exclusivamente fornecedora de alimentos e não mais a principal fonte de quase todas as matérias-primas de uso para o homem. As mudanças já em curso durante o período orgânico avançado tornaram-se mais pronunciadas. O carvão, em vez da madeira, passou a suprir quase todas as necessidades de combustível. Onde o transporte terrestre dependia antes do cavalo da carroça, do cavalo da carruagem, do cavalo de carga e do cavalo da barcaça, passou a depender mais da locomotiva e, no devido tempo, do motor. A indústria da construção baseou-se de forma semelhante cada vez mais fortemente em matérias-primas minerais. À medida que a demanda tradicional por terras férteis para garantir o suprimento das quatro necessidades da vida se tornava menos severa, os acres agrícolas podiam ser dedicados mais exclusivamente à produção de alimentos; A demanda por hospedagem, queima e até, eventualmente, por roupas foi atendida por outras fontes. As necessidades energéticas da economia para fins industriais em geral, que antes seriam atendidas por fontes orgânicas, agora eram quase exclusivamente supridas pela indústria do carvão¹⁰⁰. (Wrigley, 1988, p. 70-71)

Em poucas palavras, essa mudança permitiu acesso instantâneo a ciclos fotossintéticos fossilizados, liberando a terra de sua função multifuncional (alimento, combustível, construção) e concentrando-a quase exclusivamente na agricultura e, nela própria, com manifestações da lógica fóssil na produtividade, reconfigurando a maneira como a terra era trabalhada e ampliando a capacidade produtiva além de seus limites naturais.

Pelo viés dessas constatações, ao transformar o solo em um intermediário entre os insumos fósseis e a crescente demanda por excedente, como nas palavras de Odum (2006), citado por Smil (1994), de seus nutrientes serem extraídos de nitratos fabricados em usinas energéticas, não mais do húmus de rebanhos¹⁰¹. Esse processo foi viabilizado pela fixação artificial do nitrogênio, desenvolvida por Fritz Haber e Carl Bosch no início do século XX, permitindo a produção em larga escala de amônia para fertilizantes. A síntese do nitrogênio, no entanto, não era um processo trivial¹⁰² e como destaca Pollan (2006), ela alterou drasticamente

¹⁰⁰ there was a continued alleviation of pressure on the land as it became more and more exclusively a purveyor of food alone and no longer the prime source of almost all raw materials of use to man. The changes already in train during the advanced organic period became more pronounced. Coal rather than wood came to supply almost all fuel needs. Where inland transport had once depended upon the cart horse, the carriage horse, the pack horse and the barge horse, it came to depend rather upon the railway engine and in due course the motor lorry. The building industry similarly based itself more and more heavily upon mineral raw materials. As the traditional competing demand for fertile land to secure supplies of the four necessities of life became less severe, agricultural acres could be devoted more exclusively to food production; the demand for lodging, firing and even, eventually, for clothing was met from other sources. The vastly enlarged energy needs of the economy for general industrial purposes, which would once have been met from organic sources, were now almost exclusively supplied by the coal industry.

¹⁰¹ “a whole generation of citizens thought that higher efficiencies in using the energy of the sun had arrived. This was a sad hoax, for people of the developed world no longer eat potatoes made from solar energy” (Odum, 2006, p. 287)

¹⁰² O nitrogênio é abundante na atmosfera terrestre, mas sua forma molecular é extremamente estável, tornando-se inacessível para a maioria dos organismos vivos. No ambiente natural, apenas algumas bactérias especializadas, em simbiose com plantas leguminosas, conseguem quebrar essa ligação e disponibilizar o nitrogênio no solo. O

a capacidade produtiva da agricultura, ao substituir a dependência exclusiva dos ciclos biológicos por insumos externos, embora que não eliminou a necessidade de energia abundante e barata para sustentar esse modelo¹⁰³.

Todavia, com isso, a transição de economias rurais para urbanas possibilitada pelo afluxo massivo de energia subsidiada na agricultura:

A intensificação dos subsídios de energia na agricultura tem sido a responsável pelo aumento global da urbanização e suas altas densidades residenciais associadas. As altas densidades energéticas dos combustíveis fósseis possibilitaram a manufatura em massa centralizada, mas a migração da mão de obra rural para as cidades só pôde ser iniciada quando máquinas agrícolas e fertilizantes começaram a substituir o poder animal. (...) Esta profunda transformação—de uma sociedade predominantemente rural, descentralizada, paroquial e de baixa energia para uma cultura principalmente urbana, centralizada, globalizada e de alta energia—já se completou em países ricos, mas ainda está se acelerando em países em modernização. As densidades populacionais urbanas podem, é claro, ser ordens de magnitude mais altas do que a antropomassa por unidade de terra cultivada, porque as cidades aumentam suas pegadas de energia e material para múltiplos grandes de suas áreas¹⁰⁴. (Smil, 2008, p. 309)

A urbanização, entendida como aumento demográfico das cidades e reorganização sistêmica da sociedade, não poderia ter ocorrido sem a liberação da força de trabalho rural, algo que se tornou viável com a substituição do trabalho humano e animal por máquinas agrícolas e fertilizantes industriais. Como já dissemos, as primeiras aglomerações humanas surgiram com a Revolução Agrícola, quando o cultivo de plantas e a domesticação de animais permitiram um fluxo energético maior do que o da caça e coleta. Porém, a urbanização moderna, só se torna viável no interior de um regime energético que desloca a base produtiva da terra para os estoques geológicos, os quais permitem injetar volumes muito superiores de energia em espaços

processo Haber-Bosch imitou essa função biológica, mas à custa de um consumo energético por eletricidade e por combustíveis fósseis, normalmente petróleo, carvão ou gás natural. Como coloca Black (2022), toda a vida na terra depende do nitrogênio para servir como o bloco de construção a partir do qual aminoácidos, proteínas e ácidos nucléicos são montados. As plantas não crescem sem nitrogênio, e a maior parte do suprimento utilizável da Terra pode ser encontrada presa às raízes das leguminosas. O nitrogênio sintético deriva do esforço dos químicos para "consertá-lo", que é um processo laboratorial de aplicação de calor que divide os átomos de nitrogênio e depois os une ao hidrogênio para criar réplicas sintéticas. Em 1909, Fritz Haber e Carl Bosch criaram um método de fixação de nitrogênio que foi o grande responsável pela fabricação de fertilizantes sintéticos durante o século XX.

¹⁰³ “When humankind acquired the power to fix nitrogen, the basis of soil fertility shifted from a total reliance on the energy of the sun to a new reliance on fossil fuel. For the Haber-Bosch process works by combining nitrogen and hydrogen gases under immense heat and pressure in the presence of a catalyst. The heat and pressure are supplied by prodigious amounts of electricity, and the hydrogen is supplied by oil, coal, or, most commonly today, natural gas—fossil fuels”. (Pollan, 2006, p. 44)

¹⁰⁴ The intensification of energy subsidies in farming has been behind the global rise of urbanization and its attendant high residential densities. The high energy densities of fossil fuels enabled centralized mass manufacturing, but the shift of rural labor to cities could get under way only as field machinery and fertilizers began displacing animate power. (...) This profound transformation—from an overwhelmingly rural, decentralized, parochial, low-energy society to a predominantly urban, centralized, globalized, high-energy culture—has run its course in rich nations but is still accelerating in modernizing countries. Urban population densities can, of course, be orders of magnitude higher than the anthropomass per unit of cultivated land because cities increase their energy and material footprints to large multiples of their areas.

geográficos mais concentrados e a emergência de uma nova complexidade urbana, cuja densidade populacional e funcional só se sustenta mediante uma expansão da “pegada material e energética” das cidades para além de seus limites territoriais imediatos.

1.3.1 Urbanização

Considerando que nosso esforço se orienta para situar a complexidade social enquanto função da energia e, simultaneamente, enquanto processo dependente da expansão dos circuitos de redistribuição material e energética em suas dimensões técnicas, comerciais e geopolíticas, a urbanização aparece como a face mais visível desse processo. Pois, mais do que um subproduto do desenvolvimento, ela se atribui como sua forma mais radical, e, *ratione consequendi*, confissão direta da forma como a alargamento dos circuitos aguenta a vida coletiva. A cidade funciona como uma máquina de absorver entropia negativa. Um organismo não biológico cuja sobrevivência depende de fluxos externos permanentes de energia, água, alimentos, metais e códigos. Para que grandes assentamentos urbanos, com uma maioria de população não-agrícola, pudessem surgir, era fundamental que houvesse um excedente agrícola grande o suficiente para alimentar essa população não-agrícola. Já citamos antes, mas vale retomar, que Borseurp (1981) argumenta que o tamanho da população disponível para abastecer um centro urbano era o fator base para a aparição da urbanização, ao lado da produtividade por trabalhador e a fertilidade do solo.

A construção de uma infraestrutura densa de canais e estradas era base para permitir que os centros urbanos recebessem excedentes de alimentos de uma população agrícola mais ampla e os novos conversores fizeram a superação dos obstáculos de transporte. Isso tornou viável para áreas de baixa densidade populacional exportar seus recursos naturais para mercados maiores, mudando o padrão de distribuição global de alimentos e matérias-primas. As áreas urbanas ficaram menos restritas pela capacidade de produção de alimentos em seus arredores:

O resultado da construção ferroviária foi a urbanização em uma escala nunca vista antes. Não apenas cidades em rios e costas marítimas, mas também cidades do interior puderam agora ultrapassar o limite imposto pela capacidade de produção de alimentos e outros materiais necessários na vizinhança. Graças à ferrovia e aos navios a vapor que cruzavam os oceanos, grandes cidades na Europa Ocidental e Central podiam agora ser abastecidas de todas as partes da Europa e também de áreas ricas em recursos e escassamente povoadas através dos oceanos. (...) Uma vez que o comprimento da rede por habitante pode ser considerado uma medida aproximada dos custos per capita de fornecer ferrovias a um país, a implicação é que países com baixa densidade populacional tiveram que pagar mais por habitante por uma rede esparsa do que países com alta densidade populacional por uma rede densa. Em outras palavras, o ônus da construção ferroviária foi relativamente pequeno em uma Europa Ocidental e Central densamente povoada, que no século dezenove já tinha altos níveis de produção comercial e tráfego suficiente para permitir uma boa utilização da capacidade da rede. O transporte de produtos volumosos tornou-se relativamente barato, e as áreas urbanas

ficaram menos restritas pela capacidade de produção de alimentos em seus arredores. Além disso, carvão e materiais puderam agora ser transportados a preços baixos para indústrias voltadas para o mercado localizadas em grandes centros urbanos. O resultado foi a tendência para o desenvolvimento de grandes centros urbanos que caracterizou o século dezenove¹⁰⁵. (Borseurp, 1981, p. 131)

Como é o viés boserupiano, o crescimento das cidades, no século XIX, não decorre da disponibilidade prévia de infraestrutura, inversamente, da densidade que a torna possível. De todo modo, é a energia que abre margens emergentes de complexidade, como já colocamos nas palavras da autora, que os limites da cidade pré-industrial estavam em parte condicionados pelas formas de transporte disponíveis. Esses limites foram reconfigurados pela incorporação do novo regime energético e a urbanização do século XIX expressa justamente uma dessas margens, tornada possível pela reconfiguração energética dos circuitos de redistribuição.

De modo claro, urbanização é um processo de “*artificialização*” da sobrevivência humana, onde a proximidade entre indivíduos só é viável mediante sistemas técnicos que assim o permitam e cada vez mais complexos quando a estruturação social hierárquica necessária para governar massas urbanas, e as redes de infraestrutura que funcionem transportando energia, água e resíduos em padrões que plagiem os ciclos naturais na externalização para territórios distantes sob redes de abastecimento. Essa artificialidade não se acaba em ausência de natureza, entretanto, na instauração de uma segunda natureza, termo que se funde com a noção de complexidade autorreferente, onde a reprodução do sistema urbano requer novos insumos e a reconfiguração constante das formas de governança, transporte, comunicação e gestão técnica.

Parafraseando, durante oito milênios, as cidades não permitiram o crescimento populacional. No entanto, em uma geração humana, elas passaram a promovê-lo. No século XI, mesmo nas regiões mais urbanizadas, até 95% da população vivia no campo, e no século XVIII, apenas cinco cidades superavam 500 mil habitantes, número que pouco cresceu no século XIX e depois disparou, como coloca McNeil, (2000, p. 301):

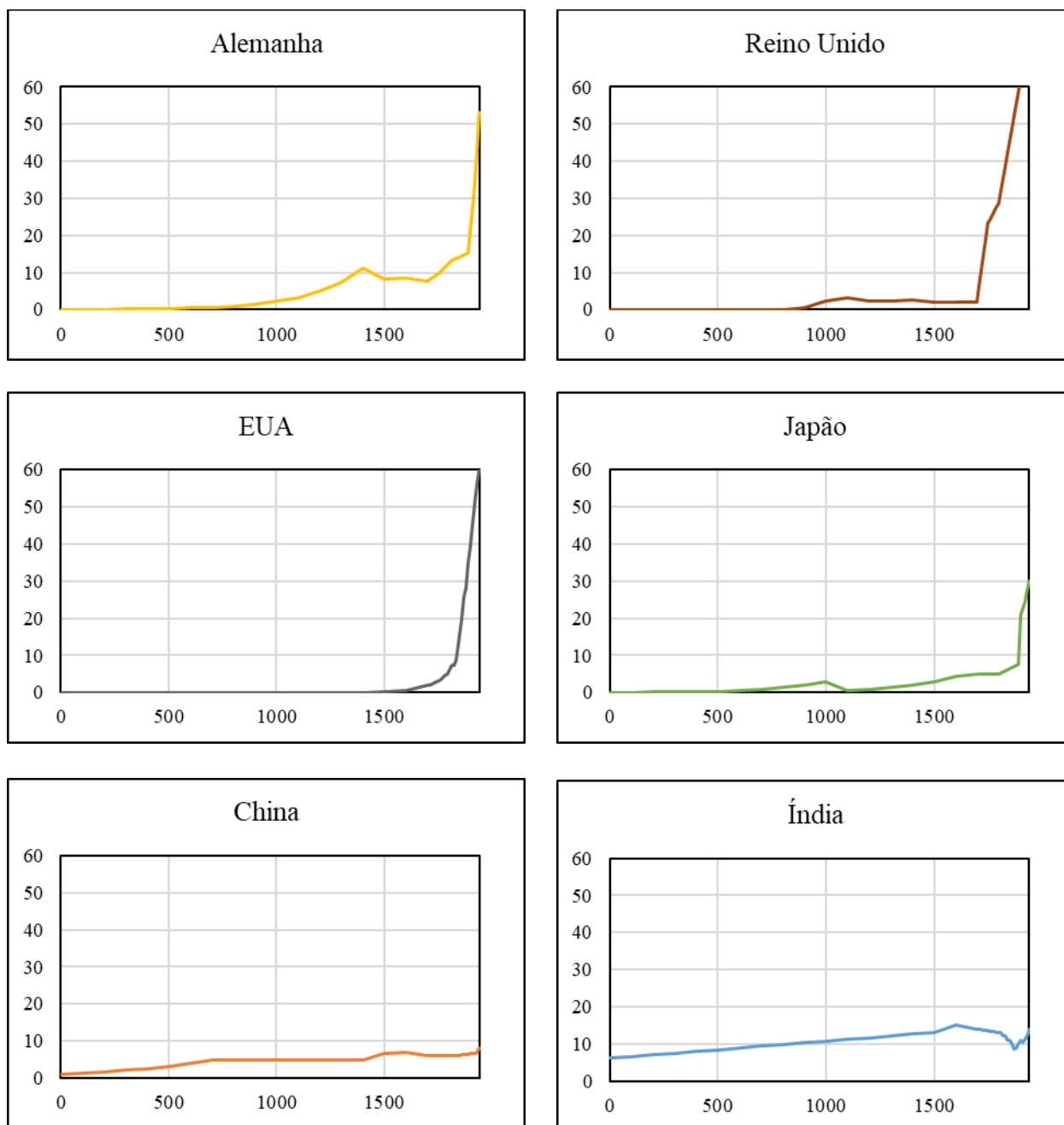
¹⁰⁵ The result of the railway building was urbanization on a scale never seen before.³ Not only towns on rivers and seashores, but also inland towns could now outgrow the limit set by the capacity for production of food and other necessary materials in the neighborhood. Thanks to the railway and the ocean crossing steamships, large towns in Western and Central Europe could now be supplied from all parts of Europe and also sparsely populated, resource-rich areas across the oceans (...) Since the length of the network per inhabitant can be considered a crude measure of per capita costs of providing a country with railways, the implication is that sparsely populated countries had to pay more per inhabitant for a sparse network than densely populated countries for a dense network. In other words, the burden of railway building was relatively small in densely populated Western and Central Europe, which in the nineteenth century already had high levels of commercial production and enough traffic to allow a good capacity utilization of the network. Transport of bulky products became relatively cheap, and urban areas became less restricted by the capacity for food production in their surroundings. Moreover, coal and materials could now be transported cheaply to market-oriented industries located in large urban centers. The result was the trend to ward development of large urban centers which characterized the nine teenth century.

Um milênio atrás, a China e o Oriente Médio islâmico tinham as populações mais urbanizadas do mundo, mas mesmo nessas terras 90 a 95% das pessoas viviam fora das cidades. O tamanho da cidade foi fortemente limitado pela produtividade agrícola quase estagnada de seus sertões e pela capacidade fortemente flutuante das cidades de dominar politicamente esses sertões. Em 1700, apenas cinco cidades no mundo, todas capitais políticas, tinham mais de meio milhão de habitantes: Istambul, Tóquio, Pequim, Paris e Londres. Em 1800, ainda havia apenas seis. (Cantão/Guangdong se juntou à lista.) Os perigos da vida na cidade, principalmente doenças endêmicas da infância, mas também epidemias, mataram pessoas mais rápido do que outras estavam nascendo. Londres, por exemplo, em 1650 exigia 6.000 imigrantes por ano para se manter uniforme. Em 1750, a letalidade de Londres neutralizou metade do aumento natural da Inglaterra como um todo. Mas as restrições ao crescimento urbano logo diminuíram: as fazendas estavam se tornando um pouco mais produtivas; as cidades, pelo menos as capitais, eram mais capazes de dominar o interior; o transporte de combustíveis fósseis estendeu o alcance das cidades para o campo; e os programas de saúde pública começaram a surtir efeito. No final da década de 1880, os habitantes da cidade na Áustria e na Baviera tinham uma expectativa de vida mais longa do que seus primos do interior. Na década de 1920, os chineses urbanos sobreviveram aos camponeses chineses¹⁰⁶

Os dados de urbanização mostram isso. De acordo com o conjunto de gráficos 3, a urbanização global, que se mantivera abaixo de 15% na maioria das regiões até 1700, disparou exponencialmente após a Revolução Industrial, com países ocidentais como Reino Unido (75,6%), Alemanha (53,2%) e EUA (56,2%) atingindo mais da metade de suas populações em áreas urbanas até 1940, enquanto o Japão acelerou dramaticamente no século XX. Bem como, com trajetórias distintas por região, produto justamente da divergência entre economias industrializadas e não industrializadas, que se urbanizaram mais rápido que Ásia pós-1750, ao caso de China (8%) e Índia (13,9%) permanecerem predominantemente rurais até a metade do século XX.

¹⁰⁶ A millennium ago China and the Islamic Middle East had the world's most urbanized populations, but even in these lands 90 to 95 percent of people lived outside cities. City size was strongly constrained by the nearly stagnant agricultural productivity of their hinterlands and the sharply fluctuating ability of cities to dominate these hinterlands politically. In 1700, only five cities in the world, all political capitals, had more than half a million people: Istanbul, Tokyo, Beijing, Paris, and London. By 1800 there were still only six. (Canton/Guangdong had joined the list.) The hazards of city life, mainly endemic childhood diseases but also epidemics, killed people faster than others were being born. London, for example, in 1650 required 6,000 in-migrants per year to stay even. In 1750 London's lethality counteracted half the natural increase of England as a whole. But the constraints on urban growth soon relaxed: farms were growing slightly more productive; cities, at least capital cities, were more able to dominate hinterlands; fossil fuel transport extended the reach of cities farther into the countryside; and public health programs began to take effect. By the late 1880s, city folk in Austria and Bavaria had longer life expectancies than their country cousins. By the 1920s, urban Chinese outlived Chinese peasants.²⁶ For 8,000 years cities had been demographic black holes.

Gráfico 3 -Participação da população nas áreas urbanas (%) em países selecionados de 0 a 1940



Fonte: Adaptado de HYDE. 2023.

Todavia, mesmo com a explosão urbana durante a industrialização, a população rural não desapareceu. Na verdade, continuou crescendo, embora em ritmo mais lento. A modernização não foi apenas um fenômeno urbano, mas traduzindo para clarificar, um processo alimentado pelo campo. As economias industriais exigiam mais insumos em escalas e intensidades inéditas, como resume Crosby (2006), de que por trás da eficiência industrial, havia uma cadeia global, como o algodão que alimentava as fábricas inglesas vinha das

plantações escravistas do sul dos Estados Unidos, que em meio século cresceram, próximo a 1000 %:

A produção de artigos manufaturados aumentou exponencialmente, assim como o comércio, interno e mundial. Entre 1771 e 1775, a Inglaterra importou 5 milhões de libras de algodão cru; em 1841, 58 milhões de libras. Em 1834, exportou 556 milhões de jardas de produtos de algodão tecido. Naquele ano, mais de 8 milhões de "mulas" trabalhavam nas fábricas de algodão da Inglaterra, que empregavam 220.000 trabalhadores. A maior parte da energia nas fábricas de algodão era fornecida não por músculos, mas pelos motores principais mais recentes: 11.000 cavalos de potência por rodas d'água e 33.000 cavalos de potência por motores a vapor. As fábricas da Inglaterra e, logo depois, da Nova Inglaterra produziam milhares de quilômetros de fios e tecidos de algodão anualmente, disponibilizando roupas mais baratas e decentes do que nunca. As ramificações dessa explosão têxtil não foram todas positivas, no entanto. As plantações no sul dos Estados Unidos mudaram para uma monocultura de cultivo de algodão, um empreendimento de trabalho intensivo. E o poder ainda era fornecido pelo primitivo motor primário de músculos, na forma de escravidão, uma instituição cujo status em queda foi revivido pelos lucros a serem obtidos com as novas fábricas têxteis.¹⁰⁷ (Crosby, 2006, p. 78)

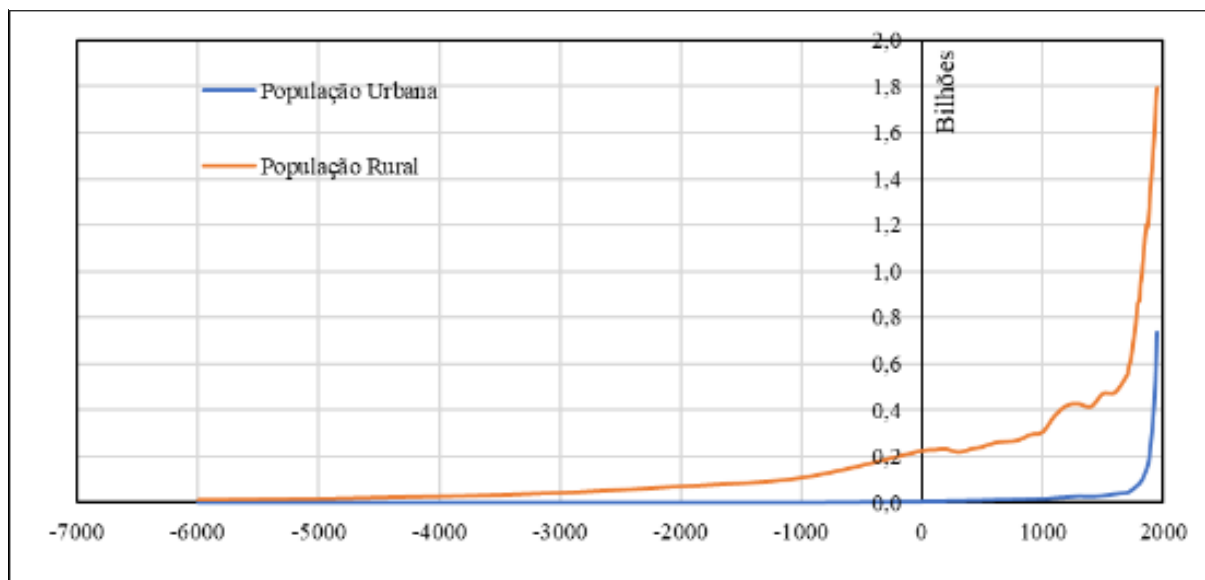
A agricultura se modernizou, liberando mão de obra para as cidades sem colapsar a produção de alimentos; por sua vez, o excedente rural sustentou a urbanização, pois, as fábricas dependiam de matérias-primas e de trabalhadores que, em grande parte, vinham de áreas rurais. Tampouco, porque como se vê na reconstrução da série histórica de populações urbanas e rurais do gráfico 4, no ano 3000 a.C., existiam 309 pessoas no campo para 1 na cidade, já no ano 1000 d.C., 16 milhões viviam em áreas urbanas, contra 307 milhões no campo. Mesmo assim, em volumes absolutos, a população humana cresceu mais e com cada vez menos pessoas no campo e, explosivamente, no pós 1750.

Entre 1800 e 1900, a população urbana global atravessou de 80 milhões para 271 milhões, enquanto a rural quase dobrou, passando de 874 milhões para 1,4 bilhão. Em 1750, 12 pessoas no campo para cada 1 na cidade, 100 anos depois, 9 pessoas no campo sustentavam 1 urbano. Em 1900, o crescimento urbano se torna vertiginoso e apenas 5 pessoas no campo alimentavam 1 pessoa na cidade e, em 1950, menos de 2,5 pessoas no campo sustentavam 1 urbano. Ou noutros termos, podemos colocar, que cidades não produzem toda a energia que demandam e até o século XVIII, eram limitadas pela baixa produtividade agrícola e pela alta

¹⁰⁷ The production of manufactured articles rose exponentially, as did trade, internal and worldwide. Between 1771 and 1775, England imported 5 million pounds of raw cotton; in 1841, 58 million pounds. In 1834, it exported 556 million yards of woven cotton goods. In that year, over 8 million "mules" were at work in England's cotton mills, which employed 220,000 workers. Most of the power in the cotton mills was supplied not by muscle but by the newer prime movers: 11,000 horsepower by waterwheels and 33,000 horsepower by steam engines. The factories of England and, soon after, New England turned out thousands of miles of cotton thread and cloth annually, making more inexpensive and decent clothing available than ever before. The ramifications of this textile explosion were not all positive, however. Plantations in the southern United States shifted to a monoculture of cotton cultivation, a labor-intensive endeavor. And the power there was still supplied by the primitive prime mover of muscle, in the form of slavery, an institution whose slumping status was revived by the profits to be made from the new textile mills.

mortalidade urbana, exigindo migração constante para manter a população, dado o equilíbrio precário entre crescimento populacional e abastecimento.

Gráfico 4 - População urbana e rural (em bilhões) de 6000 a.C. a 1950 d.C., em valores absolutos estimados



Fonte: Adaptado de HYDE. 2023.

O campo é energeticamente autossuficiente porque sua dinâmica produtiva está diretamente ligada aos recursos naturais locais de forma relativamente contínua, sob o teto de que limitada pela produtividade agrícola tradicional. A transição energética, portanto, ampliou o alcance urbano, permitindo maior controle sobre o campo e o aumento da produtividade rural, invertendo a relação de expectativa de vida entre campo e cidade e, seu movimento lado a lado da quebra das barreiras técnicas do acesso à energia distante, pelo vínculo da metalurgia, energia concentrada e logística global, como Smil (2017, p 356) apresenta:

É claro que o metal era necessário em quantidades cada vez maiores por muitos novos mercados industriais: pela própria indústria siderúrgica (para fornecer metal para novas capacidades de fabricação de ferro e aço), pela nova indústria elétrica (para caldeiras e turbogeradores a vapor, transformadores e fios elétricos), na extração e transporte de petróleo e gás (para tubos de perfuração, brocas, revestimentos de poços, oleodutos e tanques de armazenamento), no transporte marítimo (para novas embarcações de casco de aço), na manufatura (para máquinas, ferramentas e componentes) e nas indústrias têxteis e de processamento de alimentos tradicionais. (...) O apogeu do motor veio mais de um século após a patente aprimorada de Watt: no início da década de 1880, sua ampla adoção lançou as bases energéticas da industrialização moderna, e a disponibilidade acessível de tal energia concentrada transformou a produtividade da manufatura e o transporte terrestre e marítimo de longa distância. Por sua vez, essas mudanças levaram à extensa urbanização, ao

aumento da riqueza incipiente, ao crescimento do comércio internacional e a mudanças na liderança nacional¹⁰⁸.

Uma transformação que criou as bases da modernidade industrial e urbana dada na consolidação tecnológica que atingiu sua maturidade a partir dos anos 1880. Juntamente a infraestrutura integrada que dependiam criticamente do "metal" produzido em massa para sustentar tanto essa nova a infraestrutura de produção quanto de transporte de ferrovias transcontinentais e navios a vapor de casco metálico que formaram redes globais interligadas.

Desse desenvolvimento surgiu a geoeconomia que a infraestrutura tornou possível. A urbanização intensificou-se, o comércio internacional expandiu-se, e confrontos entre potências industriais tornaram-se mais frequentes. O carvão, ao se tornar transportável em larga escala, abasteceu mais caldeiras e motores a vapor. Cada motor novo ampliava a demanda por carvão e a malha industrial crescia em consequência direta, como notam McNeill (2000, p. 36-37). Entre 1800 e 1900, a produção mundial saltou de 10 milhões para 1 bilhão de toneladas. Ao mesmo tempo, a eficiência nos conversores melhorava, e os motores a vapor multiplicavam sua potência em trinta vezes. O avanço abriu caminho para motores de combustão interna, que, desenvolvidos após 1880, entregavam maior rendimento em pequena escala e forneciam potências ainda superiores em escala ampla. Em resumo, mais energia para ser utilizada e menos perda na conversão, fez do ganho ser duplo, e a consequência, inevitavelmente, ser cada vez mais saltos sem precedentes na energia disponível à ação humana.

Ou em termos técnicos, colocam Bunker e Ciccantell (2005), os enormes custos de capital e a reconstrução maciça do ambiente necessária para coordenar o acesso e o transporte econômico das matérias-primas mais volumosamente utilizadas tecnologias novas e de maior escala e instituições financeiras maiores e interações novas, mais complexas, inclusivas e poderosas entre Estado, empresas, setores-chave e finanças. Mais uma vez, na esteira, as interações entre as matérias-primas mais volumosamente utilizadas e os sistemas de transporte que as fornecem tornam-se os setores geradores que impulsionam as ascensões nacionais ao domínio do comércio e, no processo, estimulam grandes avanços na globalização. Quer seja,

¹⁰⁸ Of course, metal was needed in ever larger quantities by many new industrial markets: by the steel industry itself (to provide metal for new iron- and steel-making capacities), by the new electrical industry (for boilers and steam turbogenerators, transformers, and electrical wires), in oil and gas extraction and transportation (for drilling pipes, drill bits, well casings, pipelines, and storage tanks), in shipping (for new steel-hulled vessels), in manufacturing (for machines, tools, and components), and in traditional textile and food-processing industries. The engine's apogee came more than a century after Watt's improved patent: by the early 1880s its widespread adoption had laid the energetic foundation of modern industrialization, and the affordable availability of such concentrated power transformed both manufacturing productivity and long-distance land and marine transportation. In turn, these changes led to extensive urbanization, the rise of incipient affluence, growth of international trade, and shifts in national leadership

para aprofundar o entendimento dessas mudanças, duas variáveis se tornam muito importantes e precisamos dedicar-lhes especial atenção, ao caso, da revolução dos transportes e a militarização dentro dessa lógica dual, na qual uma transforma e potencializa a outra, na formação do acesso global de energia nessa rede.

1.3.2 Revolução dos Transportes

Já dissemos antes que as grandes inovações em transporte, como as ferrovias, eram economicamente viáveis apenas se atendessem a uma população densa. Assim, a densidade populacional era uma condição prévia para o investimento em infraestrutura avançada de transporte que, por sua vez, permitia maior urbanização e industrialização, sob ótica de Boserup (1981). À mercê de já termos examinado anteriormente as limitações inerentes às economias orgânicas, convém destacar um aspecto menos imediatamente perceptível. A Inglaterra, que viria a exercer domínio marítimo e consolidar um império comercial ao longo do século XVIII, encontrava-se, por outro lado da questão, constrangida em terra firme, pois sua base produtiva permanecia ancorada nos limites de uma economia orgânica. Em contraste, a França dispunha de uma superfície territorial vasta e relativamente generosa, o que lhe conferia uma base econômica mais ampla, embora essa vantagem fosse mitigada pelas dificuldades impostas pela ineficiência de seus transportes terrestres. Ao mesmo tempo, a supremacia holandesa impunha um ritmo próprio, dominando novas técnicas e projetando sua influência ao longo das rotas mercantis:

A Inglaterra não era uma hegemonia tão clara no início dos anos 1700 quanto a Holanda havia sido no início e meados dos anos 1600. Parte do problema em uma economia orgânica era a pobre base de recursos da Inglaterra. A Inglaterra foi relativamente facilmente desafiada pela França, uma política com uma base econômica orgânica muito mais ampla, apesar do problema de integrar essa economia com o transporte terrestre mínimo do período. A França desafiou o poder inglês e britânico ao longo do século XVIII, mas o único grande sucesso francês veio na década de 1770, quando a França se aliou aos revolucionários americanos contra a Grã-Bretanha¹⁰⁹ (Hurgil, 1994, p. 13-14)

Na construção de um veleiro holandês, aumentar o seu tamanho exigia tábuas de carvalho mais longas e espessas para reforçar a quilha, carvalhos altos e retos para sustentar o casco, e pinheiros grandes e leves para mastros capazes de suportar velas ampliadas sem

¹⁰⁹ England was not as clear a hegemon in the early 1700s as Holland had been in the early to mid-1600s. Part of the problem in an organic economy was England's poor resource base. England was relatively easily challenged by France, a polity with a very much broader organic economic base, despite the problem of integrating that economy with the minimal land transportation of the period. France challenged English and British power throughout the eighteenth century, but the only major French success came in the 1770s, when France allied with the American revolutionaries against Britain

comprometer o equilíbrio da embarcação, como observam Bunker e Ciccantell (2005). Logo, à medida que a demanda por mais volume de transporte aumentava, a disponibilidade de árvores para isso não era ilimitada. Isso quer dizer, enquanto em meio aos séculos XVI e XVII, conforme apontam Cipolla (1988), Glete (1993; 2002) e Guilmartin (2002) ocorreu o que se convencionou chamar de “Revolução Naval”. A couraça das naus e a cadência dos canhões transformaram o conflito marítimo em batalhas transoceânicas. Os novos níveis de energia liberaram outra Revolução nos Transportes que além de atravessava oceanos, ramificou-se se pelo interior dos continentes, conectando economias locais a mercados globais e aprofundando a complexidade social ao articular fluxos materiais e humanos em escalas sem precedentes.

(...) esforços europeus para se envolver na mineração de carvão em grande escala foram provocados até certo ponto por problemas de desmatamento. O uso extensivo de madeira para construção de navios, produção de minério de ferro e aquecimento doméstico levou a um desmatamento severo em torno de centros urbanos e industriais, especialmente na Inglaterra. Do século XVI ao início do século XVIII, o preço da madeira e do carvão aumentou em toda a Europa Ocidental. Esforços foram feitos para aproveitar a energia da turfa e da água, mas em muitas áreas a falta de recursos tornou-se uma barreira para a produção industrial.² Embora os déficits de energia estivessem se intensificando em muitas partes da Europa durante o Renascimento, não era de forma alguma óbvio que o carvão pudesse preencher a lacuna. Havia obstáculos significativos no caminho de uma mudança generalizada em direção à dependência do carvão. A água que se infiltrava nos poços representava um problema fundamental, tanto para os mineiros chineses no século XI quanto para os mineiros europeus no século XVII. Mesmo quando o carvão era extraído, seu preço era inflado pelas dificuldades enfrentadas no transporte do material volumoso até os consumidores¹¹⁰ (Podobnik, 2006, p. 39-40)

Como colocam McNeill e McNeill (2003), à medida que a rede humana avançava para a segunda metade do século XVIII, a Revolução Energética começou a apertar (tighten) essas conexões, tornando os fluxos de comércio, informação e recursos mais intensos e integrados. Em 1820, informações e bens se moviam pelo mundo apenas um pouco mais rápido do que nas antigas redes da suméria. Após, os navios a vapor encurtaram distâncias e reduziram custos no mar, enquanto as ferrovias faziam o mesmo em terra, promovendo uma interconexão sem precedentes entre regiões. No final do século XIX, essa estrutura consolidou-se a tal ponto que a manutenção desse fluxo constante de recursos passou a exigir não apenas investimentos e

¹¹⁰ these European efforts to engage in large-scale coal mining were provoked to some degree by problems of deforestation. The extensive use of wood for ship construction, iron ore production, and home heating led to severe deforestation around urban and industrial centers, especially in England. From the sixteenth through the early eighteenth century, the price of wood and charcoal rose across Western Europe. Efforts were made to harness energy from peat and from water, but in many areas the lack of resources became a barrier to industrial production.² Although energy deficits were intensifying in many parts of Europe during the Renaissance, it was by no means obvious that coal could fill the gap. There were significant hurdles standing in the way of a widespread shift toward reliance on coal. The water that seeped into shafts posed a key problem, both to Chinese miners in the eleventh century and to European miners in the seventeenth century. Even when coal was extracted, its price was inflated by the difficulties faced in transporting the bulky material to consumers

inovações técnicas permanentes, se quisermos detalhar, também um nível crescente de coordenação e controle sobre as rotas globais de abastecimento¹¹¹.

Por um lado, a rede já existente possibilitou a Revolução Industrial, por outro, foi essa mesma Revolução que, ao acelerar a circulação de bens como alimentos e combustíveis, levou a rede a um novo patamar de eficiência e complexidade. A ferrovia reduziu os custos de frete terrestre em até 95%, aumentou significativamente o comércio e padronizou o tempo, permitindo a coordenação precisa de movimentos. Além disso, mercadorias foram padronizadas, como com a invenção do elevador de grãos (Pomeranz; Topik 2015, p. 76-77). Entre 1500 e 1800, o comércio crescia a uma taxa anual de pouco mais de 1%. Após o término das Guerras Napoleônicas, essa taxa acelerou significativamente, alcançando uma média de cerca de 3,5% ao ano, como se olha no gráfico 5. Em suma, um adensamento da rede impulsionada pela difusão do telégrafo, por novas formas de organização empresarial e pela disponibilidade de ferro, aço e carvão em grande escala, elementos que sustentaram uma economia baseada em fluxos diários massivos de energia e materiais. Para ser mais preciso, as transformações na rede global não podem ser dissociadas das limitações impostas pelos sistemas de transporte anteriores, cuja eficiência sempre esteve atrelada à disponibilidade e ao aproveitamento da energia.

A história do transporte pode ser, assim, uma história de energia. Smil (2017) coloca, em dados compilados, que antes da Revolução Industrial, a velocidade e a capacidade de transporte eram rigidamente limitadas pela força muscular, pelo vento e pelos materiais disponíveis. Um homem correndo gerava entre 700 e 1.400 W, sustentando tal esforço apenas por curtos períodos; o cavalo, equipado com ferraduras e arreios, atingia velocidades maiores e diminuía o atrito, permanecendo em curso dependente de pausas e cuidados. No mar, os trirremes clássicos, impulsionados por 170 remadores, alcançavam cerca de 20 km/h, um feito impressionante, porém exaustivo e inviável para longas travessias. Os navios a vela, predominantes no comércio de longa distância, confiavam nos ventos e na eficiência da conversão da energia cinética, atingindo no máximo 9 m/s. Mesmo no transporte terrestre, nos países europeus mais desenvolvidos do século XVIII, as estradas mantinham-se tão precárias

¹¹¹ Navios a vapor e ferrovias foram filhos da Revolução Industrial, possibilitada pelas melhorias anteriores no transporte britânico, mas por sua vez permitiram e incentivaram uma maior industrialização. Eles apagaram algumas das restrições da natureza. Ventos contrários não podiam atrasar os navios a vapor por meses, nem ninguém, exceto o clima mais severo, desacelerava os trens. Eles pareciam aniquilar a distância, tornando rotineiro o envio confiável de mercadorias a granel por milhares de quilômetros. Eles tornaram econômico produzir em escalas gigantescas, porque produtos superiores ou mais baratos encontraram compradores em todo o mundo. E a mera construção de navios a vapor, locomotivas e trilhos criou demanda por grandes quantidades de ferro, aço e carvão. (McNeill; McNeill, 2005, p. 219)

quanto nos últimos tempos do Império Romano, restringindo a mobilidade e elevando os custos de maneira constante, como dito ao final da seção de limites das economias orgânicas.

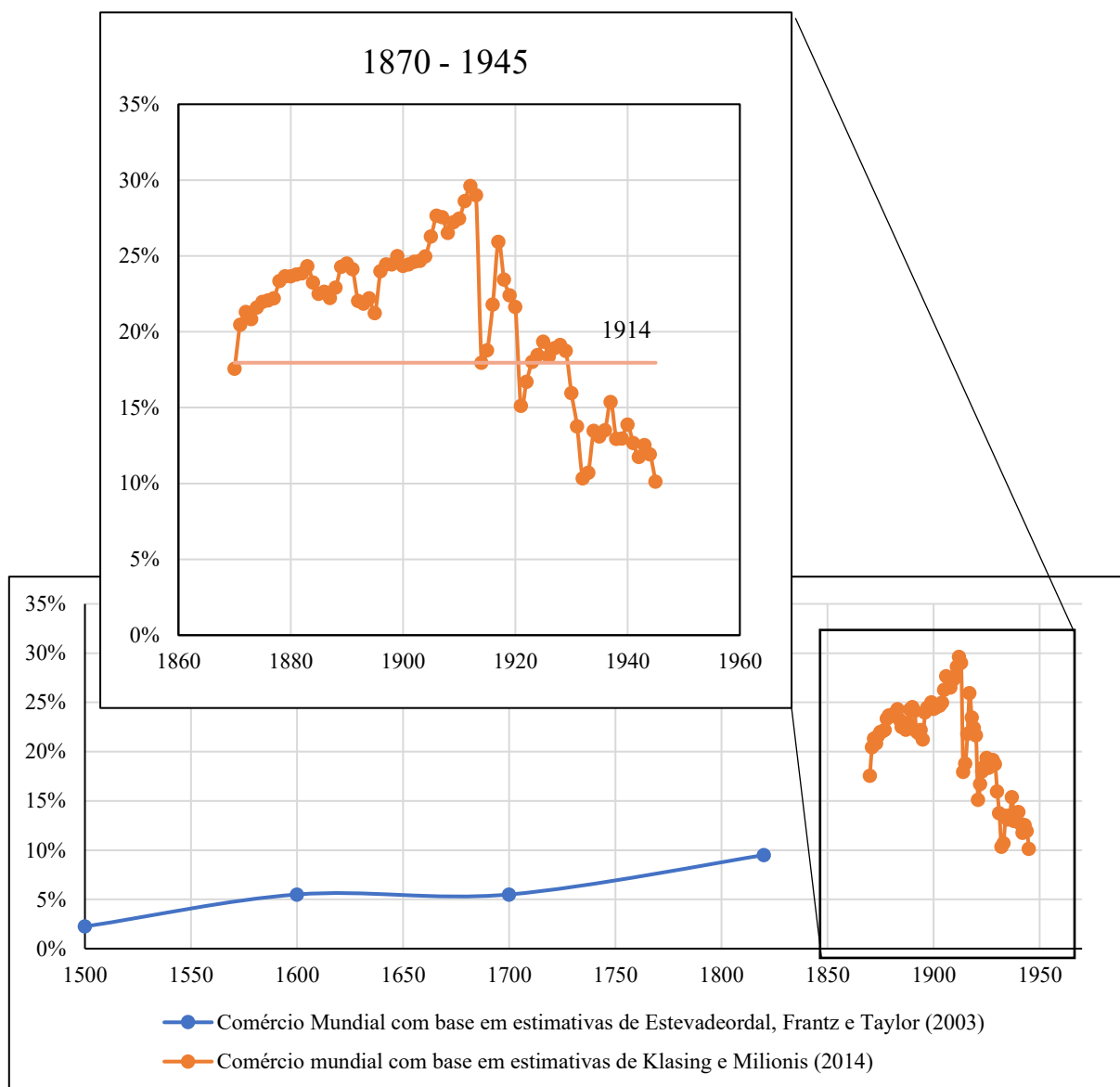
Tomando os séculos anteriores à Revolução Industrial, parece natural supor que o aumento das trocas comerciais foi guiado por uma transformação nos meios de transporte. Menard (1991) coloca que entre as décadas de 1480 e 1620, houve uma queda significativa nos índices de frete, atingindo uma taxa anual de 1,2%, um desempenho expressivo para os padrões da época. Por sobre a corrente dominante, quando se amplia a análise para um período mais longo, desde o início do século XIV até meados do século XVIII, os custos de transporte marítimo não demonstram uma trajetória de queda contínua. As taxas de frete em 1750 eram apenas ligeiramente inferiores às da Alta Idade Média, indicando que os ganhos de produtividade no transporte foram relativamente modestos em comparação com os avanços na agricultura e na manufatura e a resposta estaria na própria natureza do comércio pré-industrial:

É um erro argumentar que o comércio de longo alcance e o comércio de longo alcance por si só impulsionaram o processo de modernização econômica, fornecendo o capital e os mercados necessários para a industrialização. Mas também é um erro descartar completamente o comércio de longa distância e afirmar que uma visão puramente "interna" é adequada à história econômica. É um erro defender um mercado mundial perfeitamente integrado em 1800, mas ninguém pode negar que o enorme aumento do comércio de longa distância durante os últimos quatro séculos produziu muito mais integração do que em 1400. O comércio de longa distância deve ter o que lhe é devido. O mesmo deve acontecer com o custo do transporte. O comércio de longa distância através de barreiras políticas, geográficas e culturais é um fenômeno antigo. Antes do início da era moderna, no entanto, a maior parte desse comércio era do que é comumente chamado de bens de "luxo" ou "elite", produtos que comandavam preços altos em relação ao seu volume. As commodities, como observou Eric Wolf, "tendiam a se mover em duas esferas diferentes. Havia uma esfera de comércio e troca local, na qual os bens para a vida cotidiana se moviam entre aldeias e cidades dentro de regiões restritas; e a esfera do comércio de valores de longa distância, produzidos para consumo pelas elites e servindo para sublinhar suas posições de dominação política e econômica. Isso foi em grande parte uma função do alto preço do transporte que limitava o movimento de mercadorias volumosas e baratas por grandes distâncias. No século XVIII, essas esferas não eram mais tão claramente demarcadas. Os bens de luxo ainda desempenhavam um grande papel no comércio de longo alcance e nos cálculos dos comerciantes internacionais, mas também alimentos, roupas, ferramentas e utensílios. Um grande declínio nos custos de transporte - somos tentados a chamá-lo de "revolução do transporte" - estava no centro dessa mudança¹¹². (Menard, 1991, p. 229)

¹¹² It is a mistake to argue that long-range trade and long-range trade alone drove the process of economic modernization, provided the capital and the markets necessary to industrialization. But it is also an error to dismiss long-distance trade altogether and to claim that a purely "internal" view is adequate to economic history. It is a mistake to argue for a perfectly integrated world market by 1800, but no one can deny that the enormous increase in long-range trade during the past four centuries had produced a good deal more integration than had been the case in 1400. Long-distance trade must have its due. So, too, must the cost of transport. Long-distance trade across political, geographic, and cultural barriers is an ancient phenomenon. Before the early modern era, however, most of that trade was in what are commonly called "luxury" or "elite", goods, products that commanded high prices relative to their bulk. Commodities, as Eric Wolf has noted, "tended to move in two different spheres. There was a sphere of local trade and exchange, in which goods for everyday life moved among villages and towns within restricted regions; and the sphere of long-distance trade in valuables, produced for consumption by elites and serving to underline their positions of political and economic domination."² This was in large part a function of

A expansão entre 1400 e 1800 criou mercados mais integrados, embora não totalmente globais. Cumpre ressaltar que, antes da era moderna, as mercadorias circulavam em duas esferas distintas: uma local (bens cotidianos) e outra global (artigos de luxo). Essa separação não refletia apenas preferências de consumo, mas uma limitação imposta pelos altos custos de transporte. Enquanto uma carga de pimenta podia justificar seu frete pelo valor unitário, o mesmo não ocorria com sacas de trigo ou carvão. Foi somente no século XVIII que essa lógica começou a se romper, não por acaso, no limiar da Revolução Industrial. Simplificando a análise, antes da era dos navios a vapor, a capacidade de produzir excedentes comercializáveis em larga escala dependia de saltos na eficiência energética, todavia, como dentro da economia orgânica, de modo incremental. O comércio global como porcentagem do PIB mundial permaneceu estagnado abaixo de 6% por três séculos (1500-1800), e, de facto, disparou após a Revolução Industrial, atingindo picos de 30% no início do século XX, não obstante o fato de que, na década de 1930, voltou a flutuar próximos aos 10% em meio a retração do Entreguerras.

the high price of transport that limited the movement of bulky, cheap commodities across great distances. By the eighteenth century, those spheres were no longer so clearly demarcated. Luxury goods still played a large role in long-range commerce and in the calculations of international merchants, but so too did food, clothing, tools, and utensils. A major decline in transport costs - one is tempted to call it a "transport revolution" - lay at the center of that change.

Gráfico 5 - Comércio mundial baseado em porcentagem do PIB (1500-1945)

Fonte: Elaboração própria com dados de Estevadeordal, Frantz e Taylor (2003); Klasing e Milionis (2014)

Em termos, o limite da madeira impunha uma segmentação natural dos mercados, pois apenas mercadorias com altas relações preço/volume justificavam seu transporte por longas distâncias e restringia a amplitude da divisão internacional do trabalho. Como apontam Pomeranz e Topik (2018, p. 50), trigo, calcário ou madeira raramente cruzavam fronteiras de forma lucrativa, ao passo que sedas, ouro, prata, açúcar e café eram intensivamente movimentados:

Seja em terra ou na água, as restrições naturais eram importantes. Exceto onde a geografia era extraordinariamente favorável, eram principalmente produtos com altas relações preço/volume que valiam a pena enviar longas distâncias: sedas, ouro e prata, açúcar, café e ervas medicinais, não trigo, calcário ou madeira. Assim, o transporte moldou poderosamente a divisão geográfica do trabalho e a natureza da demanda, mesmo quando era bom o suficiente para permitir o surgimento de uma divisão de trabalho de longa distância. Enviar arroz volumoso pelo rio Yangzi e tecidos caros de

volta contra a corrente era economicamente viável; reverter essas direções não teria sido. O envio de espadas e linhos finos da Espanha através da Argentina para Potosí, na Bolívia, era lucrativo, mas exportar trigo, mulas ou vinho do norte da Argentina para a Espanha era inconcebível¹¹³

Antes da transição para combustíveis fósseis, pesados investimentos em infraestrutura de transporte raramente geravam retornos suficientes para justificá-los, ou seja, a limitação típica das economias orgânicas que vimos, como separa Wrigley (2010, p. 101). A Revolução Energética rompeu essas barreiras ao substituir a força muscular pela potência constante das máquinas e ao substituir a madeira pelo aço, cuja produção em larga escala eliminou as restrições físicas que limitavam o tamanho e a durabilidade das estruturas.

Novamente com dados de Smil (2017), no mar, os primeiros navios a vapor competiam com os veleiros em tempos de travessia, mas já na década de 1840 reduziram a viagem pelo Atlântico para menos de 10 dias, e em 1890 viagens de menos de 6 dias eram a norma. Mais do que simplesmente encurtar distâncias, o aço permitiu a construção de embarcações muito maiores, já que os cascos de madeira não podiam ultrapassar cerca de 100 m devido às limitações estruturais do material. Com a industrialização da produção siderúrgica, mais navios surgiram, pois o aço podia ser fabricado em maior escala sem depender do crescimento lento das árvores. Isso aumentou drasticamente a capacidade de carga e o volume do transporte marítimo, consolidando a globalização do comércio.

Em outras palavras, o aumento do volume de produção de carvão forneceu um fluxo energético concentrado o bastante para suportar sistemas de transporte massivos, desencadeando um ciclo de redução de custos e expansão da capacidade. Porém, superar as deseconomias de escala associadas à distância exigia não apenas a construção de redes de transporte cada vez mais amplas. Cumpre notar que a ampliação da própria capacidade dos veículos e das infraestruturas que os sustentavam. Como argumentam Bunker e Ciccantell (2005, p. 4), a lógica geométrica favorece a construção de embarcações e veículos maiores, pois o volume transportado cresce ao cubo do raio, enquanto a resistência estrutural, seja do casco de um navio, seja da base de um trilho ferroviário, cresce apenas ao quadrado, o que significa

¹¹³ er on land or on water, natural constraints mattered. Except where geography was unusually favorable, it was mostly products with high price-to-bulk ratios that were worth shipping long distances: silks, gold and silver, sugar, coffee, and medicinal herbs, not wheat, limestone, or wood. Thus transport powerfully shaped the geographic division of labor and the nature of demand, even where it was good enough to allow a long-distance division of labor to emerge. Sending bulky rice down the Yangzi River and expensive textiles back up against the current was economically viable; reversing those directions would not have been. Shipping fine swords and linens from Spain through Argentina to Potosí in Bolivia was profitable, but exporting wheat, mules, or wine from northern Argentina to Spain was inconceivable

que o aumento na capacidade de carga supera proporcionalmente o aumento nos custos operacionais.

Ao caso, uma relação estimulou ciclos reiterados de inovação tecnológica, nos quais a ampliação da infraestrutura portuária, ferroviária e rodoviária possibilitou a construção e operação de navios, trens e equipamentos de carga progressivamente maiores. Em que, impacto dessa transformação, tornou viável o comércio intercontinental de bens volumosos e essenciais, cuja circulação em larga escala teria sido proibitiva sem a redução dos custos médios de transporte:

superar as deseconomias do espaço construindo embarcações e veículos maiores, mais fortes e mais eficientes. Portos, trilhos, pontes, carregadeiras e outros elementos de infraestrutura também devem se tornar maiores e mais fortes para lidar com o maior peso e tamanho. A geometria que relaciona o volume ao cubo do raio, mas a superfície (ou casco, no caso de um barco) apenas ao seu quadrado significa que a inércia, o momento, a resistência ou o arrasto aumentam mais lentamente do que o volume transportado. Construir um navio maior, portanto, aumenta a capacidade de carga muito mais do que aumenta as quantidades de combustível e mão de obra necessárias para operá-lo. O resultado dessas diferenças geométricas - ou seja, que barcos maiores transportam mais carga de forma mais barata - estimulou ciclos historicamente reiterados de inovação tecnológica que possibilitaram a construção e navegação de embarcações progressivamente maiores. Em cada ciclo, as economias de escala de produção criaram deseconomias materiais de espaço que, por sua vez, geraram economias de escala de transporte que, ao fornecer mais e melhores matérias-primas de forma mais barata para a indústria, permitiram mais economias de escala na produção. Este processo é auto-reforçador e reiterativo. A construção de veículos de transporte maiores e a ampliação da infraestrutura necessária - docas, portos, ferrovias, rodovias, torres, guindastes e correias transportadoras - transformam maiores volumes de matéria, consomem maiores quantidades de energia e empregam mais mão de obra em um processo de transporte que fornece mais e mais matérias-primas mais baratas para a produção. Custos de produção mais baixos estimulam taxas de consumo mais altas, expandindo ainda mais a produção, os salários e os mercados¹¹⁴. (Bunker; Ciccantell, 2005, p. 04)

Em última instância, esse processo criou uma dinâmica de reforço mútuo da ampliação da capacidade logística facilitou o transporte de insumos para a indústria, viabilizando a produção em maior escala e, por consequência, fomentando mais investimentos em

¹¹⁴ strive to overcome the diseconomies of space by building larger, stronger, and more efficient vessels and vehicles. Ports, rails, bridges, loaders, and other infrastructural elements must then also become larger and stronger to handle the greater weight and size. The geometry that relates volume to the cube of the radius, but surface (or hull, in the case of a boat) only to its square means that inertia, momentum, resistance, or drag all increase more slowly than volume transported. Building a bigger ship therefore increases cargo capacity much more than it increases the amounts of fuel and labor needed to operate it. The result of these geometric differences—i.e., that bigger boats carry more cargo more cheaply—stimulated historically reiterated cycles of technological innovation that made it possible to build and navigate progressively larger vessels. In each cycle, production economies of scale created material diseconomies of space that in turn generated transport economies of scale that, by supplying more and better raw materials more cheaply to industry, enabled further economies of scale in production. This process is self-reinforcing and reiterative. Building larger transport vehicles and expanding the required infrastructure—docks, ports, railroads, highways, derricks, cranes, and conveyor belts—transform greater volumes of matter, consume greater amounts of energy, and employ more labor in a transport process that provides more and cheaper raw materials for production. Lower production costs stimulate higher consumption rates, expanding production, wages, and markets even further.

infraestrutura de transporte, consolidando um ciclo de crescimento econômico e integração global. À guisa, essa transformação não ocorreu de maneira abrupta, é de ver-se que por meio de uma interação entre saltos tecnológicos revolucionários e melhorias incrementais contínuas, permitindo que investimentos, instituições financeiras e organizações produtivas se expandissem de forma proporcional a essas mudanças. Quando o transporte transoceânico passou a depender de motores a vapor, a escala das adaptações necessárias cresceu de forma muito mais acelerada, uma vez que navios a vapor exigiam estoques substanciais de carvão e infraestrutura portuária capaz de abastecê-los em pontos estratégicos ao redor do globo. O resultado foi um novo patamar de interdependência entre a tecnologia de transporte e a extração de combustíveis fósseis, consolidando uma dinâmica na qual a ampliação das capacidades logísticas e produtivas dependia cada vez mais de um fluxo contínuo e confiável de energia concentrada:

As tecnologias construídas com ferro, carvão e vapor permitiram aumentos muito mais rápidos nas economias de escala do que era possível com a madeira. As inovações tecnológicas que possibilitaram as novas escalas de produção e de transporte interno muitas vezes envolveram mudanças revolucionárias em ferramentas e processos, mas entre cada avanço revolucionário houve várias melhorias técnicas incrementais. Isso permitiu que a maioria dos investimentos necessários para realizar essas economias de escala expandidas crescesse a uma taxa proporcional a essas mudanças incrementais. Na maioria das vezes, as instituições que os financiaram e as organizações que os administraram puderam se expandir em ritmos incrementais semelhantes. Como o transporte transoceânico exigia tecnologias capazes de percorrer longas distâncias entre o consumo de mais combustível e água, mover as tecnologias de motores a vapor do transporte terrestre e costeiro para o marítimo envolvia necessariamente saltos de escala muito maiores do que as expansões incrementais possíveis no transporte interno ou nos sistemas de fábrica¹¹⁵. (Bunker; Ciccantell, 2005, p. 161)

O que, no nível do comércio em si, essa transformação materializou-se na convergência dos preços globais das commodities. Como aponta Bernstein (2008, p. 339), a queda expressiva nos custos de transporte entre 1850 e 1912 aproximou os preços de produtos primários entre continentes e harmonizou os valores dos fatores de produção. O custo de envio de um “alqueire” de grãos de Chicago para Liverpool caiu de trinta e cinco centavos para cerca de dez centavos. Isso valeria para a carne bovina, cobre, ferro, maquinário e têxteis. Em 1870, a carne era vendida

¹¹⁵ Technologies built on iron, coal, and steam enabled far more rapid increases in economies of scale than had been possible with wood. The technological innovations that made the new scales of production and of internal transport possible often involved revolutionary changes in tools and process, but between each revolutionary advance were multiple incremental technical improvements. These enabled most of the investments required to realize these expanded economies of scale to grow at a rate proportional to these incremental changes. For the most part, the institutions that financed them and the organizations that managed them could expand at similarly incremental rhythms. Because transoceanic shipping required technologies capable of traveling long distances between taking on more fuel and water, though, moving steam engine technologies from overland and coastal to maritime transport necessarily involved much larger leaps of scale than the incremental expansions possible in internal transport or factory systems.

por 93% mais em Liverpool do que em Chicago; em 1913, essa diferença havia diminuído para apenas 16%. De tal modo, a equalização dos preços agrícolas eliminou variações locais extremas e, ao longo do tempo, enfraqueceu a lógica de mercados isolados, tornando as economias mais suscetíveis às flutuações globais.

Findlay e O'Rourke (2007, p. 385-386) ilustram isso na ideia de que, a partir de 1840, embora a população crescente continuasse a pressionar por terras a um ritmo acelerado, o preço relativo dos alimentos parou de subir e começou a cair. Ao mesmo tempo, a proporção entre salários e aluguéis de terras começou a aumentar. O argumento para isso é porque, em algum momento nas décadas seguintes a 1815, os preços das commodities e dos fatores britânicos deixaram de ser determinados principalmente pelos recursos naturais e pela mão-de-obra britânica, devido a abertura da economia britânica ao comércio de longa distância de commodities concorrentes, como grãos, à medida que os custos de transporte diminuam:

Os preços relativos domésticos eram agora cada vez mais determinados pelas condições do mercado mundial, e não pela oferta e demanda domésticas. À medida que os custos de transporte caíam, o suprimento de alimentos do Novo Mundo e a Ucrânia impediram que os preços dos alimentos britânicos subissem ainda mais e, eventualmente, os levaram a cair. Por sua vez, o declínio nos preços relativos dos alimentos pressionou para baixo os preços e aluguéis das terras britânicas, enquanto os alimentos baratos beneficiaram os trabalhadores britânicos¹¹⁶.

No limite, deste modo, essa Revolução pode ser compreendida como a montagem técnica do sistema energético global de redistribuição de densidades energéticas. Com isso, a geografia energética do planeta, antes ditada pela localização de recursos naturais, tornou-se cada vez mais dependente da infraestrutura de transporte para conectar produção e consumo. Uma transição para uma rede global de comércio baseada na previsibilidade e no volume e impactos diretos em questões mais básicas como na segurança alimentar de países como a Grã-Bretanha, que, por exemplo, entre 1840 e o final do século, passou de importadora de 5% de seus alimentos para 80% de seus grãos e 70% de seus laticínios (Niele, 2005). Bem como, a Europa só pôde adotar métodos intensivos após superar gargalos de infraestrutura e produção industrial, um aviso sobre os limites do desenvolvimento agrícola sem bases tecnológicas e logísticas:

Devido às melhorias no transporte marítimo, os suprimentos alimentares puderam agora ser complementados por grandes importações de alimentos e ração do exterior. A escassez de fertilizantes para o sistema agrícola cada vez mais intensivo levou à primeira importação de fertilizante de guano da América Latina e, posteriormente, à produção e uso de quantidades crescentes de fertilizantes químicos. A mecanização da

¹¹⁶ Domestic relative prices became increasingly determined by global market conditions rather than domestic supply and demand. As transportation costs declined, food imports from the New World and Ukraine stabilized British food prices, preventing further increases and eventually causing them to fall. This decline in relative food prices, in turn, exerted downward pressure on British land prices and rents. Meanwhile, cheaper food benefited British workers by improving their purchasing power.

agricultura, inicialmente baseada em força animal e vapor e, depois, em tratores e eletrificação, ganhou terreno. Melhorias baseadas em ciência foram feitas em sementes e animais. Esta nova fase de desenvolvimento agrícola na Europa, ao contrário da primeira, não foi uma transmissão de técnicas há muito em uso nas partes mais densamente povoadas. As novas técnicas baseavam-se nos novos avanços em transporte, manufatura e ciência que acompanharam o processo de industrialização. A industrialização da Europa teve que estar bem avançada antes que esses novos métodos pudessem ser utilizados. Eles poderiam se espalhar apenas depois que as indústrias de ferro e química fossem grandes e seus produtos tão baratos que se tornassem econômicos na agricultura e no transporte. Fertilizantes comerciais em grande escala não poderiam ser introduzidos antes que uma rede ferroviária fosse construída; grandes importações de alimentos e ração teriam que aguardar o navio a vapor; importações de produtos animais exigiam técnicas de refrigeração. Todas essas foram invenções induzidas pela demanda, mas levou tempo para inventá-las e trazê-las para uso comercial. Esta segunda revolução agrícola resultou em mudanças muito mais radicais dentro do setor agrícola da economia europeia do que a primeira fase.¹¹⁷ (Boserup, 1981, p. 116-117)

A modernização agrícola não foi um processo isolado, entretanto, dependente de inovações logísticas e industriais, que permitiram a integração de mercados e a circulação de insumos em escala mundial. Com tal interação e dependência da infraestrutura global, insurgiu uma nova vulnerabilidade, que nos leva a uma consequência da Revolução Energética: a transformação da guerra e os novos patamares de destruição que essa era de potência inaugurou

1.3.3 Revolução Militar

A demanda militar foi um trator para o desenvolvimento industrial e tecnológico na Europa pré-Revolução Industrial, moldando a localização de indústrias, o uso de recursos naturais e até a inovação em produção em massa. Boserup (1981) mostra que a guerra foi um vetor de modernização, como saldo, de esgotamento ecológico (florestas) e dependência geopolítica (importação de recursos). Esse processo antecipou características da Revolução Industrial, como produção em massa (nascida em fábricas de armas), intervenção estatal na indústria e a globalização de suprimentos:

¹¹⁷ Owing to the improvements in ocean transport, food supplies could now be supplemented by large imports of food and fodder from overseas. The shortage of fertilizer for the more and more intensive agricultural system induced first import of guano fertilizer from Latin America and afterward production and use of increasing amounts of chemical fertilizer. Mechanization of agriculture, based first upon horse and steam power and later on tractors and electrification, gained ground. Scientifically based improvements were made in seeds and animals. This new phase of agricultural development in Europe, unlike the first one, was not a transmission of techniques long in use in the most densely populated parts. The new techniques were based upon the new developments in transport, manufacturing, and science which accompanied the process of industrialization. The industrialization of Europe had to be well advanced before these new methods could be used. They could spread only after the iron and chemical industries were large and their products so cheap as to be economical in agriculture and transport. Commercial fertilizer on a large scale could not be introduced before a railway network was built; large scale imports of food and fodder had to await the steamship; imports of animal products required refrigeration techniques. All these were demand-induced inventions, but it took time to invent and bring them into commercial use. This second agricultural revolution resulted in much more radical change within the agricultural sector of the European economy than the first phase.

Durante todo o período que levou à revolução industrial, o setor militar consumiu a maior parte dos suprimentos. Como outras indústrias, a fabricação de armamentos começou nas áreas mais densamente povoadas e tecnologicamente avançadas — aquelas com o maior mercado. O norte da Itália, os Países Baixos e o sul da Alemanha foram importantes produtores iniciais de equipamentos militares. No entanto, a falta de carvão se tornou uma ameaça à produção. Os primeiros a sofrer com a falta de florestas para a produção de carvão foram a Itália e outros países mediterrâneos, onde não apenas a pressão populacional, mas também incêndios florestais durante os verões secos e quentes reduziram a área florestal. Muitas partes do continente europeu tornaram-se relativamente avançadas enquanto ainda estavam bem supridas de florestas, e a produção de ferro e outros metais se deslocou para essas áreas onde a madeira era abundante. No entanto, os custos de transporte das áreas florestais para os centros de consumo mantinham os preços altos e limitavam o consumo, especialmente para fins civis. A Inglaterra tinha uma densidade populacional menor do que a Europa Ocidental e Central continental e um clima mais úmido. Portanto, a Inglaterra tinha boas possibilidades como produtora de madeira e metais, além de oferecer condições favoráveis para o transporte aquático de produtos pesados. Mas quando a população aumentou e a demanda militar cresceu drasticamente no século XVI, a madeira para construção e carvão se tornou escassa. A Inglaterra então se voltou para a Irlanda como um importante fornecedor de madeira, e o ferro era produzido nas florestas irlandesas até que, no final do século, pouca floresta restava. Com o aumento da mecanização, o setor militar demandava cada vez mais metais. No século XVI, grandes números de soldados de infantaria receberam armas de fogo, e grandes navios à vela estavam armados com canhões. Nos séculos seguintes, a corrida armamentista entre os países europeus continuou a exercer pressão sobre os suprimentos de metal e as áreas florestais. Os governos europeus passaram a se interessar cada vez mais em promover indústrias que produzissem armamentos, uniformes e outros equipamentos para os exércitos, e especialmente na fabricação de ferro e bronze. No século XVII, a fabricação de armas era supervisionada cuidadosamente pelos governos ou realizada em estabelecimentos governamentais. Os métodos de produção em massa apareceram pela primeira vez em fábricas de armamentos e estaleiros de construção naval. Corpos de engenheiros e artilheiros especialistas foram formados, e a logística desempenhou um papel importante na preparação das operações militares. Assim como em muitas sociedades urbanizadas antigas, a preocupação dos governantes com assuntos militares atuava como um estímulo para a mudança tecnológica¹¹⁸. (Boserup, 1981, p. 108)

¹¹⁸ During the whole of the period leading to the industrial revolution, the military sector took most of the supplies. Like other industries, manufacture of armaments began in the most densely populated and technologically advanced areas — the ones with the largest market. Northern Italy, the Low Countries, and southern Germany were important early producers of military equipment. Lack of charcoal, however, became a threat to production. The first to suffer from lack of forest for charcoal production were Italy and other Mediterranean countries, in which not only population pressure, but also forest fires in the dry and hot summers reduced the forested area. Many parts of the European continent became relatively advanced while still well supplied with forests, and iron and other metal production moved to these areas where wood was abundant. However, the transport costs from forested areas to the centers of consumption kept prices high and limited consumption, especially for civil purposes. England had lower population density than continental Western and Central Europe and a more humid climate. Therefore, England had good possibilities as a producer of timber and metals, and moreover offered favorable conditions for water transport of heavy products. But when population increased and military demand rose sharply in the sixteenth century, wood for timber and charcoal became scarce. England then turned to Ireland as a major supplier of timber, and iron was produced in Irish forests until by the end of the century little forest was left. With increasing mechanization, the military sector demanded more and more metals. In the sixteenth century, large numbers of infantrymen were issued firearms, and large sailing ships bristled with cannons. In the following centuries, the armament race between European countries continued to exert pressure on metal supplies and forest areas. The European governments took more and more interest in promoting industries which produced armaments, uniforms, and other equipment for the armies, and especially in the manufacture of iron and bronze. In the seventeenth century, arms manufacture was carefully supervised by governments or conducted in government establishments. Mass production methods first appeared in armaments factories and shipbuilding

No bojo, Parker (1996), McNeill (1982) e Kennedy (1987) argumentam que a primazia europeia entre os séculos XV e XVIII decorreu de uma série de transformações que redefiniram a condução da guerra e o próprio funcionamento dos Estados. A consolidação da artilharia de pólvora, a padronização dos exércitos permanentes e a construção de fortificações adaptadas ao novo cenário bélico foram acompanhadas por uma profunda reorganização política e econômica, em que o financiamento da guerra se tornou um dos motores do fortalecimento estatal. O advento de exércitos cada vez maiores e mais bem treinados, somado à rivalidade permanente entre os Estados Europeus, criou uma dinâmica de inovação contínua, em que o desenvolvimento militar avançava *pari passu* com o crescimento da capacidade fiscal e da burocracia administrativa. Está claro que mudanças importantes aconteceram na guerra nos anos 1500 e 1600. Porém que se diga, ao invés de revisitar esses os debates, voltamos nosso olhar para o impacto da Revolução Energética sobre essas mesmas dinâmicas, sobre como o acesso a novas fontes de energia transformou a guerra, ampliou a escala dos conflitos e redefiniu as cadeias logísticas que sustentam o poder militar moderno.

A famosa pergunta de Diamond (2013, p. 61) sobre o embate entre Pizarro e Atahualpa ilustra bem esse ponto sobre porque um exército de 62 cavaleiros e 106 soldados de infantaria conseguiu capturar um imperador que comandava 80 mil homens. A resposta dada está no resultado de uma longa trajetória histórica de acumulação tecnológica e energética que favoreceu a Eurásia. Enquanto os soldados incas manejavam tacapes de madeira, lanças de bronze e armaduras acolchoadas, os espanhóis portavam espadas de aço, elmos e couraças metálicas que ofereciam proteção contra-ataques corpo a corpo e cavalos conferiam velocidade e impacto ao combate. O aço foi o alicerce material dessa superioridade. Espadas, lanças, elmos, couraças e ferraduras de cavalos eram todos derivados da siderurgia, porém, essa ainda operava sob um limite rígido e o advento do carvão mineral e, posteriormente, do coque, mudou esse cenário, liberando a produção da dependência da biomassa. Com mais aço disponível, mais armas puderam ser fabricadas, mais infraestrutura militar foi construída e mais veículos de guerra foram incorporados aos exércitos.

De modo mais claro, como argumenta Smil (2004, p. 367), enquanto os exércitos pré-industriais dependiam da disponibilidade local de alimentos e lenha, os exércitos modernos passaram a operar com fluxos incessantes de combustíveis fósseis e materiais industrializados, intensificando a dependência logística da guerra.

yards. Specialist corps of engineers and artillerymen were formed, and logistics played an important role in the preparation of military operations. Just as in many ancient urbanized societies, the preoccupation of the rulers with military matters acted as a stimulant to technological change.

Pressupondo que no século XVI um cavaleiro europeu, montado e armado com uma espada de aço, carregava em si uma vantagem material difícil de ser superada pelos povos ameríndios, no século XIX essa desigualdade atingiu uma escala energética sem prévias. As guerras terrestres pré-industriais, travadas em grande parte por soldados de infantaria com armas simples, não exigiam grandes quantidades de energia incorporadas em armas e equipamentos, mas, mesmo assim, esse investimento costumava ser uma parte significativa do uso anual de energia em muitas sociedades de subsistência pobres. Grandes exércitos em trânsito, ou durante períodos de cercos prolongados, quase sempre tiveram um efeito profundo, e muitas vezes bastante ruinoso, sobre os suprimentos regionais de alimentos e lenha à medida que confiscavam suas provisões da zona rural circundante. Em contraste, as incursões marítimas longe de costas amigáveis sempre exigiram um planejamento cuidadoso dos suprimentos que deveriam ser transportados pelos navios durante meses de navegação autossuficiente. As guerras modernas são travadas com armamentos cuja construção requer alguns dos materiais mais intensivos em energia e cuja implantação depende de fluxos incessantes de combustíveis fósseis secundários (por exemplo, gasolina, querosene) e eletricidade para energizar as máquinas que os transportam e para equipar e abastecer as tropas que os operam¹¹⁹.

Com isso, o aumento do poder destrutivo não foi incremental, e, como se registra, um salto qualitativo de redefinição. Uma flecha disparada por um arco típico da era pré-industrial possuía cerca de 20 joules de energia cinética, o suficiente para perfurar tecidos, mas insuficiente para atravessar armaduras metálicas. Já um mosquete de pólvora negra, como os utilizados na Guerra Civil Americana, gerava em média 1.000 joules por disparo, cinquenta vezes mais energia do que uma flecha. Mais ainda, os projéteis de artilharia da Segunda Guerra Mundial alcançavam milhões de joules:

Tabela 5 - Evolução da Energia Cinética dos Armamentos (J)

Arma	Tipo De Projétil	Energia Cinética (Joules)
Arco E Flecha	Flecha De Madeira	20
Besta Pesada Medieval	Virote De Metal	100
Mosquete Da Guerra Civil Americana	Bala De Chumbo	1×10^3
Rifle De Assalto (M16)	Bala De Alta Velocidade	2×10^3
Canhão Medieval	Bola De Pedra	50×10^3
Canhão Do Século Xviii	Bala De Ferro Fundido	300×10^3

¹¹⁹ Preindustrial land wars, fought largely by foot soldiers with simple weapons, did not require large amounts of energy embodied in arms and equipment, but even so, that investment was often a significant part of annual energy use in many poor subsistence societies. Large armies in transit, or during periods of prolonged sieges, almost always had a deep, and often quite ruinous, effect on regional supplies of food and fuelwood as they commandeered their provisions from the surrounding countryside. In contrast, maritime forays far from friendly shores always required careful planning of supplies that had to be carried by the ships during months of self-sufficient sailing. Modern wars are waged with weaponry whose construction requires some of the most energyintensive materials and whose deployment relies on incessant flows of secondary fossil fuels (e.g., gasoline, kerosene) and electricity to energize the machines that carry them and to equip and provision the troops who operate them. Production of special steels in heavy armored equipment typically needs 40 to 50 MJ/kg, and obviously, the use of depleted uranium (for armor-piercing shells and enhanced armor protection) is much more energy intensive. Aluminum, titanium, and composite fibers, the principal construction materials of modern aircraft, typically embody 170 to 250 MJ/kg, as much as 450 MJ/kg, and 100 to 150 MJ/kg, respectively.

Artilharia Da Primeira Guerra Mundial	Projétil De Estilhaços	1×10^6
Canhão Antiaéreo Pesado (Segunda Guerra Mundial)	Projétil Explosivo	6×10^6
Tanque M1a1 Abrams	Projétil De Urânio Empobrecido	6×10^6
Foguete Não Guiado (Segunda Guerra Mundial)	Míssil Com Carga Explosiva	18×10^6

Fonte: Adaptado de Smil, 2004, p. 364.

Essa superioridade, contudo, não se restringia apenas aos campos de batalha, pois o êxito militar europeu também esteve atrelado à complexidade logística necessária para manter exércitos em movimento e garantir sua eficácia em confrontos prolongados. Como expõem McNeill e McNeill (2003, p. 194), o funcionamento de uma máquina de guerra no início da era moderna demandava a disponibilidade de soldados e armamentos, entretanto também de um sistema integrado que permitisse o abastecimento de tropas, a ferragem e o transporte de cavalos, a fabricação e distribuição de pólvora, a construção de fortificações e estradas, além do recrutamento de engenheiros, sapadores e artilheiros. A administração desse aparato exigia, ao sopro, da presença de burocracias especializadas, capazes de arrecadar tributos, administrar finanças e organizar cadeias logísticas em territórios extensos, o que tornava a guerra um fenômeno eminentemente dependente da capacidade de mobilizar recursos materiais em larga escala.

uma máquina de guerra bem-sucedida precisava de homens, cavalos e sua comida, junto com ferro, aço, couro, pólvora e muito mais. Precisava de soldados de infantaria e cavaleiros, artilheiros, ferreiros, canheiros, cozinheiros, engenheiros, sapadores, tropeiros; precisava de cavalos de cavalaria e cavalos de tração, e talvez mulas, bois, camelos e elefantes de guerra. Precisava de tudo isso em grande quantidade, nos lugares certos e na hora certa, precisava de atravessar rios, montanhas. Para conseguir isso, era necessária uma burocracia militar numerada e alfabetizada, pessoas com habilidades de mesa normalmente desprezadas pelos homens armados. Como tudo isso era tão caro, (...) únicas maneiras de obter o dinheiro necessário eram emprestá-lo, apreendê-lo ou construir um sistema tributário - técnicas que se sobrepujam em muitos casos. Tomar empréstimos significava ter um sistema bancário, algo que se desenvolveu com destaque na Itália, nos Países Baixos e, mais tarde, na Inglaterra¹²⁰

¹²⁰ A successful war machine needed men, horses, and their food, together with iron, steel, leather, gunpowder, and much more. It needed infantrymen and cavalymen, artillerymen, smiths, guncasters, cooks, engineers, sappers, muleteers; it needed cavalry horses and draft horses, and perhaps mules, oxen, camels, and war elephants. It needed all this in great quantity, at the right places and right times, needed to get it across rivers, over mountains. To achieve this required a numerate and literate military bureaucracy, people with desk skills normally despised by men at arms. Since all this was so expensive, the military revolution imposed great strains on rulers and societies. Victory, as one Portuguese commander put it, went to the king with the last escudo. The only ways to get the money needed were to borrow it, seize it, or build a tax system— techniques that overlapped in many cases. Borrowing meant having a banking system, something that developed prominently in Italy, the Low Countries, and later in England. The Habsburg war machine depended on the ability of monarchs to borrow money, as did the rather modest English one. Seizing wealth of course created enemies, but if it could be seized from ones existing enemies, it made a very satisfactory method. The early Ottoman Empire and the Mughal Empire did very well at this, amassing booty from wars of frontier expansion, which in turn financed the state and war machine.

Transportando o argumento, tomando que no comércio transoceânico, os navios a vapor e as ferrovias encurtaram distâncias e permitiram o transporte em massa de bens, no campo militar, o primeiro também retroalimentou o segundo porque exércitos que antes dependiam da tração animal e do transporte lento por carroças passaram a ser deslocados em dias por trens e frotas navais movidas a carvão. A primeira fase dessa industrialização da guerra não esteve centrada na inovação dos armamentos em si, a despeito disso, no aprimoramento das cadeias logísticas que garantiam a movimentação e o abastecimento das tropas. A aplicação dos combustíveis fósseis no transporte militar alterou a dinâmica da guerra, pois permitiu que exércitos inteiros fossem mobilizados e sustentados em regiões distantes por períodos prolongados que mais do deslocar soldados, esse novo sistema logístico possibilitou um aumento significativo no número de combatentes engajados, na quantidade de suprimentos disponíveis e no ritmo das operações militares.

Novas armas mudaram a guerra, é claro, mas foram menos importantes durante a primeira fase da industrialização da guerra do que as mudanças no transporte decorrentes da aplicação de combustíveis fósseis ao antigo problema de abastecimento e implantação de forças armadas. Navios a vapor e ferrovias provaram ser capazes de mover homens, armas e suprimentos em uma escala totalmente sem precedentes. Isso, por sua vez, significava que a maioria da população masculina dos países europeus poderia ser treinada para a guerra e efetivamente entregue ao campo de batalha. O ideal de todo homem soldado, característico apenas da sociedade bárbara do passado, tornou-se quase capaz de se reintegrar nos países tecnologicamente mais sofisticados da terra. Consequentemente, os exércitos começaram a contar seus soldados aos milhões. Simultaneamente, o transporte mais barato e as comunicações aceleradas permitiram que os europeus unificassem a superfície do globo, trazendo políticas asiáticas e africanas mais fracas para um sistema de mercado centrado na Europa e gerenciado. Relativamente pouco à força militar foi suficiente para abrir a China, o Japão, a Ásia interior e a África à Europa e ao comércio (especialmente britânico). A vulnerabilidade dos europeus às doenças tropicais permaneceu um obstáculo, especialmente na África; mas mesmo esta barreira à expansão das relações do mercado mundial começou a cair cerca de 1850, altura em que os médicos europeus desenvolveram uma profilaxia eficaz contra a malária¹²¹ (McNeill, 1982, p. 223-224)

O aumento da sofisticação desses sistemas, impulsionado pelo avanço da metalurgia, da navegação e da engenharia militar, ampliou progressivamente o alcance e a letalidade das forças

¹²¹ New weapons changed warfare, of course, but they were less important during the first phase of the industrialization of war than changes in transport resulting from the application of fossil fuels to the age-old problem of supplying and deploying armed forces. Steamships and railroads proved capable of moving men, weapons, and supplies on an entirely unprecedented scale. This in turn meant that most of the male population of European countries could be trained for war and actually delivered to the battlefield. The ideal of every man a soldier, characteristic only of barbarian societies in time past, became almost capable of realization in the technologically most sophisticated countries of the earth. Accordingly, armies began to count their soldiers by the million. Simultaneously, cheaper transport and accelerated communications allowed Europeans to unify the surface of the globe, bringing weaker Asian and African polities into a European-centered and managed market system. Relatively minor resort to military force sufficed to open China, Japan, inner Asia, and Africa to European (and especially British) trade. Europeans' vulnerability to tropical diseases remained an obstacle, especially in Africa; but even this barrier to the expansion of world market relationships began to fall after about 1850 when European doctors developed effective prophylaxis against malaria

europeias. Ao revés, consolidando um padrão de dominação baseado não apenas na força bruta, e, como decorre da análise, na capacidade de sustentá-la ao longo do tempo.

Como Smil (2004) destaca, na Primeira Guerra Mundial, um exército típico consumia cerca de 20 MJ/dia por soldado apenas em transporte e suprimentos logísticos. No entanto, com a introdução de tanques, aviões e artilharia motorizada, esse valor disparou para mais de 200 MJ/dia por soldado em 1918. Na Segunda Guerra Mundial, os exércitos mecanizados das grandes potências já consumiam entre 1.000 e 2.000 MJ/dia por combatente. Quando a maré se volta, a contrapartida desse processo é que a modernização da guerra não apagou as limitações pois nenhum exército podia mecanizar-se além dos limites de sua própria infraestrutura energética. Essa contradição tornou-se particularmente evidente nos casos da Alemanha, onde a falta de acesso irrestrito a fontes de energia modernas impôs restrições estratégicas que definiram suas trajetórias na guerra. Antes de avançarmos para essas análises, vale observar como essa coexistência entre modernidade e dependências estruturais marcou os maiores conflitos do século XX:

Os conflitos armados ocidentais travados depois de 1840 usariam o primeiro motor principal inanimado moderno, a máquina a vapor, para mobilizar tropas e animais e movê-los para as linhas de frente por trens (ou, no caso de tropas enviadas para guerras coloniais em outros continentes, para portos de embarque a serem carregados em navios a vapor), mas o movimento no campo de batalha ainda era movido exclusivamente por músculos humanos e animais. E embora a Primeira Guerra Mundial tenha visto a primeira implantação de novos motores mecânicos inanimados (motores de combustão interna que alimentam caminhões, tanques, ambulâncias e aviões) dentro ou perto de zonas de combate, os cavalos permaneceram indispensáveis. No final de 1917, os exércitos britânicos na frente ocidental contavam com 368.000 cavalos (com dois terços deles engajados no transporte de suprimentos, o restante em unidades de cavalaria) e, embora os avanços da Wehrmacht na França (na primavera de 1940) e na Rússia (no verão de 1941) sejam frequentemente citados como exemplos clássicos de guerra mecanizada rápida liderada por tanques, a Alemanha mobilizou 625.000 cavalos para sua invasão da Rússia, e no final da guerra, a Wehrmacht tinha cerca de 1,25 milhão de animais. Da mesma forma, os exércitos soviéticos implantaram centenas de milhares de cavalos em seu avanço de Moscou e Stalingrado para Berlim. O feno e a aveia permaneceram na categoria de material estratégico até o final da Segunda Guerra Mundial¹²² (Smil, 2017, p. 327-328)

¹²² Western armed conflicts fought after 1840 would use the first modern inanimate prime mover, the steam engine, to mobilize troops and animals and move them to the front lines by trains (or, in the case of troops sent to colonial wars on other continents, to embarkation ports to be loaded on steamships), but movement on the battlefield was still solely powered by human and animal muscles. And although World War I saw the first deployment of new inanimate mechanical prime movers (internal combustion engines powering trucks, tanks, ambulances and airplanes) in or near combat zones, horses remained indispensable. By late 1917 the British armies on the Western front relied on 368,000 horses (with two-thirds of them engaged in transporting supplies, the rest in cavalry units), and although the Wehrmacht's advances in France (in spring 1940) and Russia (in summer 1941) are often cited as textbook examples of rapid mechanized tank-led warfare, Germany mobilized 625,000 horses for its invasion of Russia, and by the war's end the Wehrmacht had about 1.25 million animals. Similarly, the Soviet armies deployed hundreds of thousands of horses in their advance from Moscow and Stalingrad to Berlin. Hay and oats thus remained in the category of strategic matériel until the end of World War II.

A insistência na tração animal, mesmo no auge da Segunda Guerra Mundial, não era um atraso tecnológico, mas também uma expressão material da escassez energética, que é muito bem desenhada pelo trabalho de Tooze (2008) a Alemanha conseguiu avançar massivamente ao longo das dobras de suas graves deficiências econômicas. Sob o regime nazista, o país ainda mantinha uma sociedade somente parcialmente modernizada, com grande parte da população ligada à agricultura camponesa. A Wehrmacht, ao invés de transcender essas limitações, refletia-as¹²³.

1.3.4 Sistema Energético Global

Ao longo desta Parte, buscamos abranger como os saltos de complexidade social se organizaram em torno da intensificação do fluxo de energia. Apresentamos inicialmente as economias orgânicas, destacando a centralidade da terra enquanto fundamento produtivo. Também, já expusemos que nas economias pré-industriais, além de tecnologia dos conversores, a tecnologia social do comércio cumpria o papel ao mitigar os limites impostos pela dependência de energia orgânica, funcionando como um meio de acessar mais terra "virtualmente". Com nessa divisão final, abordando a transição as economias minerais, e dela, as revoluções que amplificaram esse mecanismo preexistente, como a Revolução dos Transportes fechando a lacuna da conectividade com custos menores para volumes maiores que permitiram a viabilidade da locomoção de bens mais baratos desde a sua origem, não mais adstrito a bens de luxo.

Da mesma forma que, da nova dimensão estratégica da energia no poder militar ou da falta dela como terminamos a subseção imediatamente a essa, sobre feno e aveia permanecerem na categoria de material estratégico na Alemanha mobilizar quase dois terços de milhão de cavalos para sua invasão da Rússia. Esse descompasso entre consumo ampliado e acesso restrito é no que podemos definir limites materiais de uma potência que buscava disputar superioridade sem controlar as junções principais do seu próprio sistema energético. Simbolicamente, essa é uma maneira direta de ilustrar o argumento que procuramos desenvolver nessa primeira Parte de se a organização social opera dentro de limites termodinâmicos, a complexidade civilizacional foi sustentada por fluxos energéticos crescentes, da manutenção desses fluxos e com novos saltos para sustentar essa complexidade em meio a sua nêmesis que é colapso.

¹²³ Como coloca, "The vast majority of German troops invaded France, Belgium and the Netherlands on foot, with their supplies moved forward from the railheads in the classic nineteenth-century manner, by horse and cart" (TOOZE, 2006, p. 379).

Assim sendo, para fechar o argumento, ainda se faz necessário tratar que, ao longo da mudança dos conversores energéticos com mais joules ao alcance da humanidade, consolidou-se progressivamente um sistema energético de alcance global, sob o papel do comércio na sustentação de complexidade via injeções de energia, a “junção” dita acima. Seria dizer que tal operacionalidade se assenta na crescente velocidade com que volumes cada vez maiores de energia passaram a ser incorporados à economia mundial, entre a demanda nacional pela nova realidade técnica e o fornecimento para supri-la. Isso vai na linha do que coloca Boserup (1981). Com a Revolução Industrial, o comércio internacional passou a exercer duas funções centrais. A primeira foi redistribuir os excedentes das regiões tecnologicamente mais avançadas. Esses excedentes incluíam manufaturas, capital e conhecimento técnico. A segunda foi canalizar produtos primários, mão de obra e energia das economias de baixa tecnologia para os centros industriais.

Dessa forma, o comércio passou a funcionar como uma válvula de adaptação. Ele respondia tanto às pressões populacionais quanto às limitações físicas locais, permitindo ajustar o sistema global às desigualdades de desenvolvimento e capacidade produtiva:

Durante muitos séculos, uma rede de comércio e movimentação de fatores ligou as áreas tecnologicamente avançadas a áreas com níveis tecnológicos mais baixos, como vimos. Após a Revolução Industrial, esses vínculos se estreitaram. No período em que a Europa Ocidental e Central era tecnologicamente mais avançada do que qualquer outra região, as colônias europeias e outras áreas não europeias entregavam grandes quantidades de alimentos, produtos tropicais e matérias-primas à Europa e recebiam em troca bens de consumo industriais, equipamentos, transferências de capital e, em alguns casos, mão de obra. Esses movimentos de comércio e fatores foram, em grande medida, uma adaptação às diferenças de densidade populacional entre a Europa e outras partes do mundo. Como as importações de mão de obra vinham das áreas líderes em tecnologia, a imigração era uma transferência de habilidades. Em parte por esse motivo, as áreas com imigração em massa da Europa tiveram mudanças tecnológicas muito rápidas, enquanto a mudança foi lenta em áreas que dependiam de mão de obra e técnicas indígenas, que frequentemente estavam em níveis pré-industriais. Muitas tentativas foram feitas ao longo dos anos para reduzir a dependência das indústrias europeias de materiais importados, desenvolvendo substitutos. No entanto, muitos substitutos eram produzidos a partir de produtos que exigiam suprimentos externos, especialmente óleos minerais. Autossuficiente em energia na era do carvão — e com um pequeno volume de exportações — a Europa tornou-se posteriormente uma grande importadora de óleo mineral e outras matérias-primas para a produção de energia. Praticamente todas essas importações vêm de países de média e baixa tecnologia. O Japão, após sua industrialização, tornou-se ainda mais dependente dessas importações do que a Europa. Os países que anteriormente receberam imigração em massa da Europa também se tornaram grandes importadores líquidos à medida que se industrializavam. Assim, hoje como no passado, há um vasto fluxo de matérias-primas e culturas tropicais de países com níveis tecnológicos mais baixos para países de alta tecnologia. A isso se soma um grande fluxo de energia na mesma direção. Como fornecedores de matérias-primas, culturas tropicais e energia, a maioria dos países de baixa tecnologia se beneficiou do

rápido crescimento dos países de alta tecnologia após a Segunda Guerra Mundial¹²⁴ (Boserup, 1981, p. 188–189)

O carvão, anteriormente extraído de solos nacionais, é substituído pelo petróleo importado; os excedentes agrários locais são substituídos por monoculturas tropicais transoceânicas; e os recursos minerais, uma vez próximos, passam a exigir redes logísticas intercontinentais. Nas definições mais amplas, o comércio internacional dilui a escassez ao redistribuir seus efeitos pela economia global, permitindo que países importem recursos de custo crescente internamente (como minerais ou produtos agrícolas específicos) e exportem bens de produção relativamente mais favorável, a saber, um sistema de substituição viabilizado pelas diferenças internacionais em recursos naturais e estruturas de custos, como Barnett e Morse (1963, p. 134), ilustram através dos EUA (grãos x café), Holanda (laticínios x minerais) e Índia (minério x petróleo):

Em suma, o significado do comércio é que ele dilui o impacto da escassez, distribuindo-o por uma área mais ampla do que a economia nacional sob observação. Assim como o comércio entre setores dentro de uma economia nacional reduz parcialmente o efeito de escassez geral e parcialmente distribui o aumento de custo residual entre os vários setores, o comércio internacional reduz e redistribui o efeito de escassez para a economia mundial. A aquisição de produtos extrativos de produtores estrangeiros para os quais os custos internos aumentariam acentuadamente é a mais óbvia e impressionante das possibilidades de substituição disponíveis no comércio internacional. Em troca, a economia doméstica exporta bens ou serviços que pode produzir em condições relativamente mais favoráveis. A oportunidade de mitigação do efeito de escassez de recursos, no entanto, é bastante maior do que essa simples afirmação sugere. As mercadorias extractivas são diversas em tipo e nas suas origens naturais. Assim, por exemplo, os Estados Unidos têm saldo líquido zero no comércio exterior de produtos agrícolas e saldo de importação de minerais. Na categoria agrícola, os grãos são exportados e o café e a carne bovina importados; Na categoria de minerais, o carvão é exportado e o petróleo é importado. A Holanda e a Dinamarca importam minerais e grãos e exportam laticínios e produtos cárneos. A Índia exporta minério de manganês e juta e importa grãos e petróleo. Tudo isso

¹²⁴ For many centuries, a network of trade and factor movements linked the technologically leading areas with areas at lower technological levels, as we have seen. After the industrial revolution, these links became more close. In the period when Western and Central Europe was tech nologically more advanced than any other region, the European colonies and other non-European areas delivered large amounts of food, tropical products, and raw materials to Europe and received industrial consumer goods, equipment, capital transfers, and in some cases labor in return. These trade and factor movements were to a large extent adaptation' to the differences in population density between Europe and other part! of the world. Because the imports of labor came from the areas leading in technology, immigration was a transfer of skills. Partly for that reason, the areas with mass immigration from Europe had very rapid techno logical change, while change was slow in areas depending on indigenous labor and techniques which were most often at preindustrial levels. Many attempts have been made over the years to reduce the de pendency of European industries on imported materials by developinj substitutes. However, many substitutes were themselves produced froi products which required supplies from outside, especially mineral oils. Self-sufficient in energy in the coal age plus —and with a small export sur —Europe later became a heavy importer of mineral oil and othei raw materials for energy production. Virtually all these imports come from medium- and low-technology countries. Japan after its industrialization became even more dependent upon such imports than Europe. Countries of earlier mass immigration from Europe also became large net importers as they industrialized. Thus, today as in the past, there is a vast flow of raw materials and tropical crops from countries at lower technological levels to high-technology countries. To this has been added a large flow of energy in the same direction. As suppliers of raw materials, tropical crops, and energy, most lower technology countries benefited from the rapid growth in high-technol ogy countries following the Second World War.

representa possibilidades de substituição de preços de um tipo viabilizado por diferenças internacionais em recursos naturais e estruturas de custos¹²⁵.

Entretanto, para além da perspectiva de manual de comércio, esse sistema, ao se estruturar progressivamente ao longo do século XIX e consolidar-se no século XX, é inseparável da intensificação do comércio, cujo desenvolvimento acompanhou o avanço técnico dos meios de transporte e das tecnologias de combustão. O próprio comércio passou a depender dessas formas de energia, e ao apresentar essa hipótese, aprontamos o calçamento para a parte seguinte da dissertação, na qual discutiremos como essa forma de interdependência produz vulnerabilidades estratégicas e impõe exigências de proteção, regulação e controle, em particular através do poder naval. Porém, para expandir essa hipótese com os pés no chão, é necessário relacioná-la ao preenchimento de lacunas de conectividade. Isso ocorre pela própria revolução energética, que viabilizou a base técnica da infraestrutura tratada na subseção de transportes. Em um arco mais amplo, essa ideia pode ser condensada na tabela 6 a seguir. Ela organiza nosso argumento segundo o tipo de energia predominante nas transições analisadas nesta Parte, os marcos históricos de cada transição e suas consequências sociotécnicas.

Se a relação Terra-Energia, marcada por grandes áreas, baixos excedentes e conectividade limitada, restringia a complexidade social aos ritmos naturais dos ciclos orgânicos e à dispersão da terra produtiva; sob o pórtico, a transição para uma matriz de alta densidade energética alterou esse cenário. Essa matriz concentrava energia em áreas menores e se baseava no consumo acelerado de estoques geológicos. Com isso, tornou-se possível alavancar o comércio internacional como mecanismo de injeção contínua de energia. Como consequência, tornou-se viável sustentar o crescimento das populações urbanas e a complexificação das sociedades industriais ao longo dos séculos XIX e XX.

¹²⁵ In short, the significance of trade is that it dilutes the impact of scarcity by distributing it over a wider area than the national economy under observation. Just as trade among sectors within a national economy partly reduces the over-all scarcity effect and partly distributes the residual cost increase among the several sectors, so international trade reduces and re-distributes the scarcity effect for the world economy. Procurement from foreign producers of extractive goods for which domestic costs would otherwise rise sharply is the most obvious and impressive of the substitution possibilities available under international trade. In exchange, the domestic economy exports goods or services which it can produce on relatively more favorable terms. The opportunity for mitigation of the resource scarcity effect, however, is rather greater than this simple statement suggests. Extractive commodities are diverse in type and in their natural origins. Thus, for example, the United States has a zero net balance in foreign trade of agricultural products and an import balance in minerals. In the agricultural category, grains are exported and coffee and beef imported; in the minerals category, coal is exported and oil is imported. Holland and Denmark import minerals and grain and export dairy and meat products. India exports manganese ore and jute and imports grain and petroleum. All of these represent possibilities for price substitution of a kind made feasible by international differences in natural resources and cost structures

Tabela 6 - Relação Terra-Energia com a complexidade e formação do Sistema Energético Global

Tipo de Energia		Impacto na Complexidade	RELAÇÃO TERRA-ENERGIA	Sistema Energético Global
Somática	Estados Arcaicos (3.000–500 a.C.)	Coesão grupal, transmissão de conhecimento, surgimento da burocracia estatal.		
Orgânica	Impérios Clássicos (500 a.C.–500 d.C.)	Otimização do uso sazonal da terra		
Extra-Somática (moinhos de água/vento)	Estados Pré-Industriais (500–1.700 d.C.)	Integração cultural e regional logística; Formação de Mercados locais		
Mineral	Revolução Industrial (Séculos XVIII–XX)	Especialização e Fragmentação Produtiva. Mobilidade e Urbanização		Sistema Energético Global
Mineral	Segunda Revolução Industrial (Século XX)	Comunicação em massa e mercados integrado; logística industrial sem computadores		

Fonte: Elaboração própria. 2025.

De modo complementar, é à emergência de uma lógica energética de maior complexidade, por ela própria, do que só alavanca de complexidade. A transição para os combustíveis fósseis promoveu uma mudança estrutural, pois a disponibilidade dos recursos passou a depender de depósitos geograficamente localizados, enquanto o consumo energético expandiu-se em escala, intensificou-se nas regiões mais afastadas das fontes. Por isso, uma ordem “inversa” de quanto mais específicos e concentrados os recursos energéticos, maior a complexidade logística, comercial e militar exigida para manter sua circulação.

O carvão, inicialmente, quer como Podobnik (2006, p. 51-52) levanta, longe de restringir-se a uma alteração quantitativa na oferta de combustíveis, traduziu-se antes na reorganização material da própria base produtiva da época, uma vez que o acesso crescente ao carvão exigiu e, ao mesmo tempo, possibilitou a edificação de uma infraestrutura cada vez mais articulada, não apenas no sentido técnico, em efeito, também geográfico, de conversão,

transporte e uso da energia e uma série de outras indústrias associadas e, por seja, no sentido de que de centrado na Europa, logo passou a irradiar-se em escala mais ampla, como o próprio autor aponta:

No início do século XX, as modernas minas de carvão estavam em operação em todos os continentes. O que era principalmente uma rede de carvão centrada na Europa em 1850 se expandiu para se tornar um sistema de energia verdadeiramente em escala mundial apenas cinquenta anos depois. Exemplos importantes de desenvolvimento autônomo do carvão ocorreram em países como os Estados Unidos e o Japão, enquanto a mineração em regiões coloniais também aumentou constantemente. Tendo em conta todos estes desenvolvimentos relacionados com o carvão, a produção mundial de carvão aumentou rapidamente. Em 1800, cerca de 18 milhões de toneladas de carvão foram extraídas, mas em 1873 mais de 300 milhões de toneladas estavam sendo extraídas a cada ano. Em outras palavras, no espaço de apenas algumas décadas, o mundo testemunhou o amadurecimento de um novo sistema energético global que forneceu recursos em uma escala nunca antes testemunhada na história da humanidade. De fato, o período de cerca de 1815 a 1873 representa a primeira era de ouro do moderno sistema energético global. Com relativa paz e prosperidade na Europa, as empresas privadas foram capazes de construir as infraestruturas de mineração e transporte necessárias para fornecer grandes quantidades de carvão para fábricas e residências¹²⁶ (Podobnik, 2006, p. 63)

Nesse ponto, tornou-se intimamente associada a um novo processo de conquista que incorporou novas regiões em um sistema em expansão que em várias vezes, à força, melhor dizendo, *“interesses geopolíticos, comerciais e sociais fomentaram o surgimento de ciclos mutuamente auto-reforçados entre a colonização e o consumo de carvão que aceleraram a globalização desse novo sistema energético”*¹²⁷ (Podobnik, 2006, p. 53). Esse aumento radical no volume transferido, quanto penetração do regime energético, vale o mesmo para tecnologia seguinte, o petróleo. Na década de 1860, o volume de petróleo extraído globalmente embora orbitava uma escala modesta, não ultrapassando a marca das cem mil toneladas anuais. Contudo, meio século foi suficiente para multiplicar essa cifra em proporção exponencial, superando a casa das cinquenta milhões de toneladas por ano.

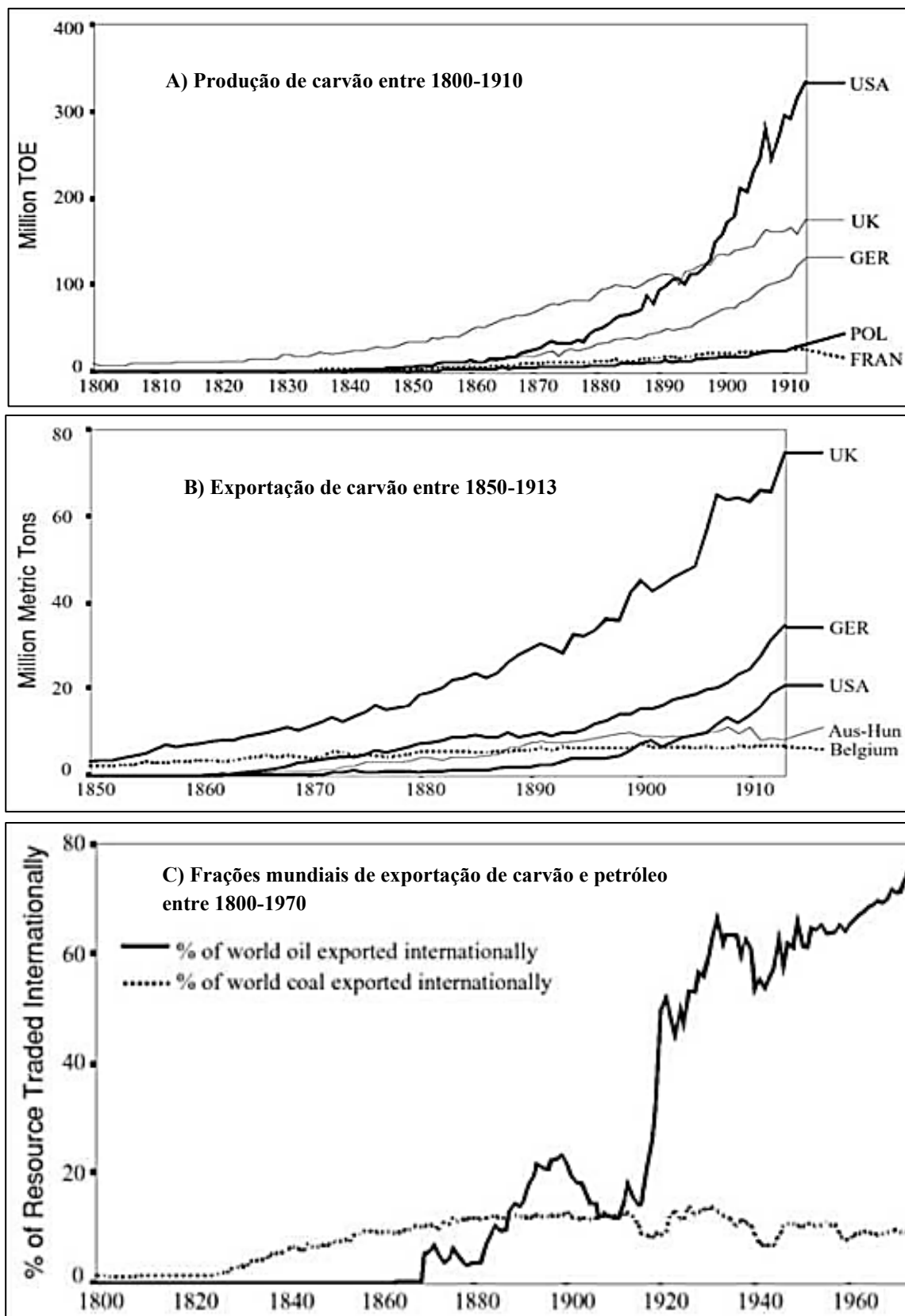
Após 1900, os Estados Unidos consolidaram uma posição dominante na produção de energia, superando os demais polos extrativos, como Rússia, Romênia, Índias Orientais e subcontinente indiano. Como observa Podobnik (2006, p. 89), esse protagonismo já se

¹²⁶ By the beginning of the twentieth century, modern coal mines were in operation on all continents. What was primarily a Europe-centered coal network in 1850 had expanded to become a truly world-scale energy system only fifty years later. Important instances of autonomous coal development occurred in countries like the United States and Japan, while mining in colonial regions also increased steadily. Given all of these coal-related developments, world coal production rose rapidly. In 1800 about 18 million tons of coal were mined, but by 1873 over 300 million tons were being extracted each year. In other words, in the space of only a handful of decades, the world witnessed the maturation of a new global energy system that provided resources on a scale never before witnessed in human history. Indeed, the period from about 1815 to 1873 represents the first golden age of the modern global energy system. With relative peace and prosperity in Europe, private companies were able to construct the mining and transportation infrastructures required to deliver massive quantities of coal to factories and households

¹²⁷ geopolitical, commercial, and social interests fostered the emergence of mutually self-reinforcing cycles between colonization and coal consumption that accelerated the globalization of this new energy system.

estruturava por meio de redes internacionais de extração, distribuição e consumo, evidenciando uma configuração energética global desde suas origens. O gráfico 6 sinaliza essa transição. Entre 1800 e 1913, a produção de carvão se expande de forma exponencial, e, *ratione consequendi*, o destaque é a escalada norte-americana, que por volta de 1910 ultrapassa 300 milhões de toneladas equivalentes de petróleo. Esse volume mais que triplica o britânico e dobra o alemão no mesmo período. Enquanto os EUA incorporam a maior parte da produção à sua estrutura interna, o Reino Unido permanece como principal exportador global de carvão, atingindo picos superiores a 100 milhões de toneladas.

Gráfico 6 - Dinâmica da produção, exportação e do comércio internacional de carvão e petróleo (1800-1910/1970)



Fonte: Podobnik (2006, p. 57, 61, 120)

Entretanto, após 1890, ocorre outro grande salto da energia incorporada com a ascensão do petróleo ultrapassando o carvão de forma transparente de volume relativo exportado com mais de 60% de sua produção circulando internacionalmente nos anos 1920. A partir daí, se com o carvão a densidade energética viabilizou novas formas de organização social e expansão imperial, com o petróleo e, depressa, com a eletrificação, estabeleceu-se uma plataforma técnica de alcance, entre os traços de, mais amplo, sobre a qual se assentariam os principais vetores da modernidade industrial:

Assim, de 1900 em diante, biomassa, carvão e petróleo forneceram grandes quantidades de energia. Em termos de energia utilizável, os combustíveis fósseis ofuscaram a biomassa da década de 1890 em diante, embora a grande maioria da população mundial não usasse combustíveis fósseis diretamente. A produção e o uso de todos os três combustíveis cresceram ao longo do século XX, embora o uso de petróleo tenha crescido muito mais rápido, de modo que, em termos proporcionais, os outros dois diminuíram (...) os combustíveis fósseis só substituíram amplamente a biomassa na matriz energética global no século XX, mas a colheita total de energia disparou. A eletrificação do globo, iniciada por volta de 1890 e ainda em andamento, impulsionou a demanda e o uso de energia. Os motores elétricos são altamente flexíveis e têm inúmeros usos. A eletricidade também é boa para fornecer luz e calor. Lenin definiu o comunismo como eletrificação mais o poder soviético, e a eletrificação rural foi uma grande conquista da presidência de Franklin Roosevelt.¹²⁸ (McNeil, 2000, p. 37)

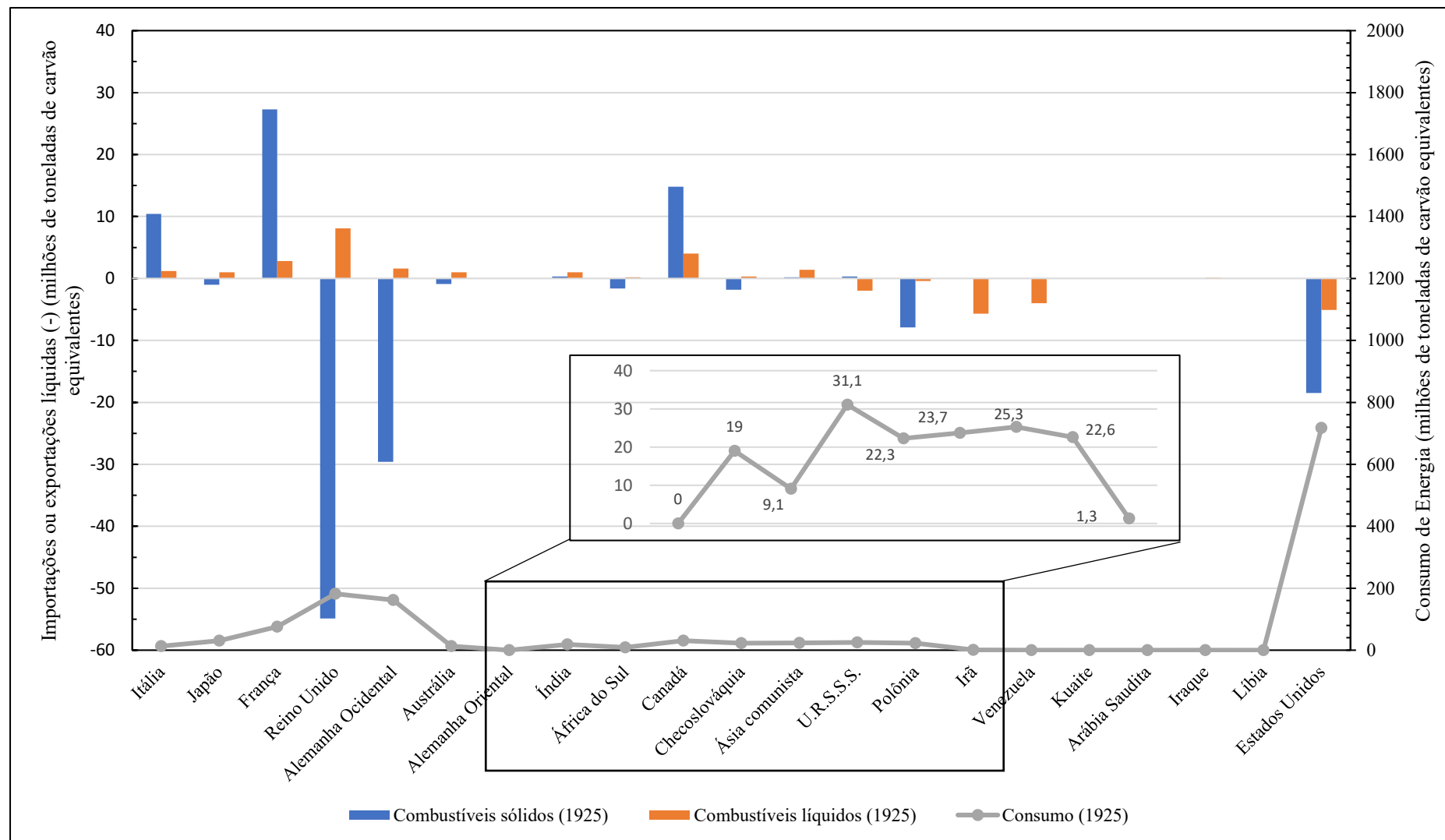
À margem da lógica aparente, existe uma camada superior, que é, se essa energia por lado está na base de qualquer projeto de complexificação social, ao caso da virada do século XX nos dois polos que o marcaria, seja no ímpeto industrial da Rússia soviética ou na ascensão dos Estados Unidos; mas ao custo de dependência de redes globais de abastecimento porque o petróleo, ao contrário do carvão, tinha localização mais específica sobre o globo. Como Crosby (2006, p. 62) lembra, a densidade energética do petróleo é muito maior do que a do carvão e é líquido e, portanto, mais fácil de armazenar e transportar. Ambos são o minúsculo resíduo de imensas quantidades de matéria vegetal, mas o carvão forma-se em bacias sedimentares mais comuns, e o petróleo exige condições geológicas mais específicas, criando gargalos estratégicos.

Mais uma vez, os Estados Unidos, o Reino Unido, o Japão e a Alemanha exemplificam essa dinâmica. Como seguem os gráficos 7 e 8, em termos de milhões de toneladas em carvão

¹²⁸ So from 1900 forward, biomass, coal, and oil provided large quantities of energy. In terms of usable energy, fossil fuels overshadowed biomass from the 1890s forward, even though the great majority of the world's population used no fossil fuels directly. Production and use of all three fuels grew throughout the twentieth century, although oil use grew much faster so that in proportional terms the other two declined (...) Not only did fossil fuels largely replace biomass in the global energy mix in the twentieth century, but the total energy harvest skyrocketed. The electrification of the globe, begun around 1890 and still in train, boosted demand and use of energy. Electric motors are highly flexible and have countless uses. Electricity also is good at providing light and heat. Lenin famously defined communism as electrification plus Soviet power, and rural electrification was a major achievement of Franklin Roosevelt's presidency.

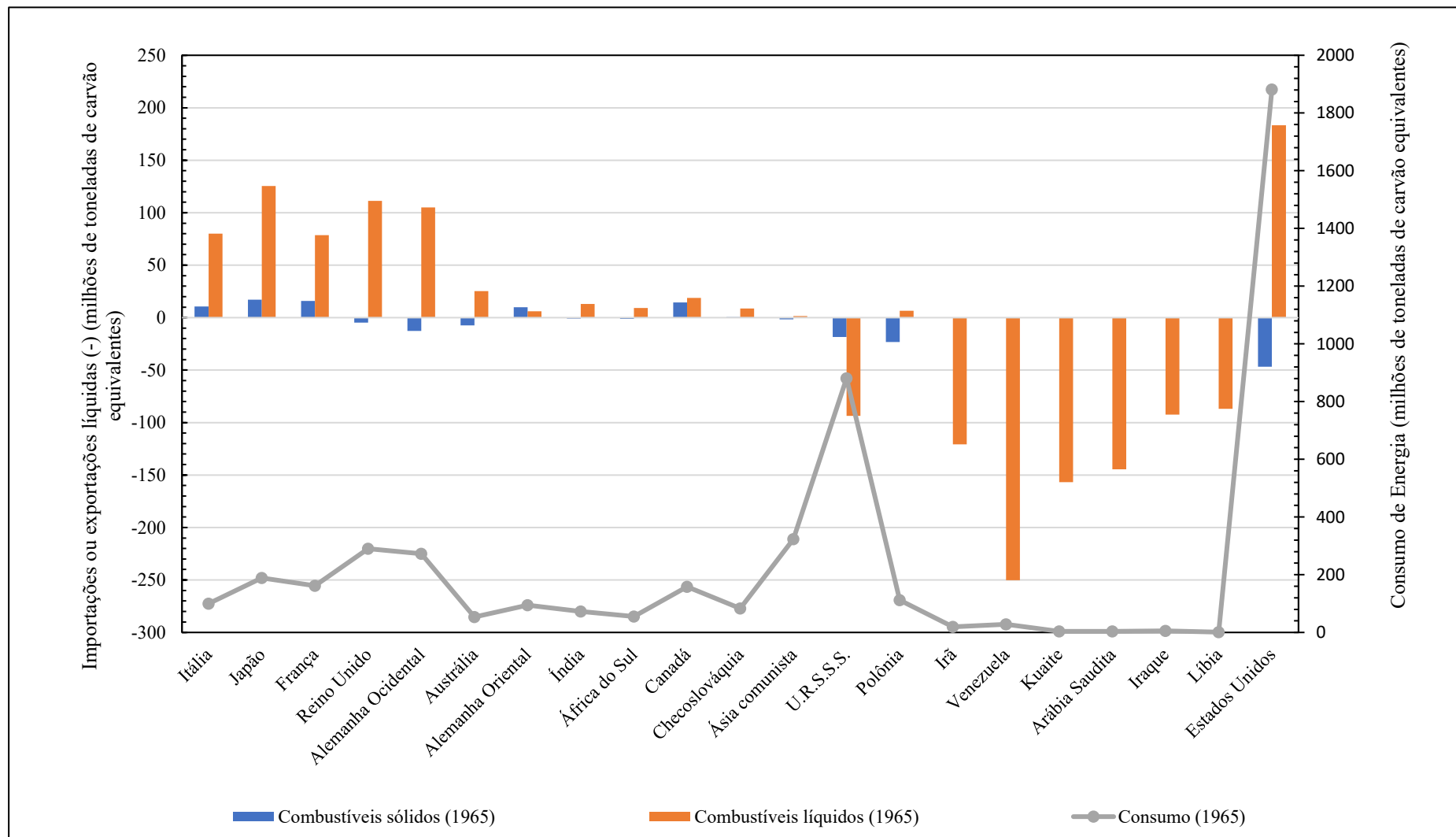
equivalente (Mtce) nos anos 1920, esses países, sob o peso de, mantinham certa autonomia energética, seja como exportadores de carvão (Reino Unido e Alemanha) ou com produção doméstica suficiente (EUA). O Japão, por sua vez, era quase autossuficiente. Contudo, à medida que adotaram o petróleo como principal insumo, tornaram-se cada vez mais dependentes de importações e passou de algum equilíbrio em 1925 para 75% de seu consumo atendido por fontes externas em 1965. O Reino Unido, outrora exportador de carvão, viu sua autossuficiência se esvaír, com importações líquidas subindo de 18,9% para 36,9% do consumo total. Até os EUA, que mantiveram uma base produtiva robusta, passaram de exportadores líquidos a importadores de energia. Em 1925, líder em produção de carvão, com exportações líquidas de 23,4 milhões de toneladas equivalentes (3,1% do consumo). Em 1965, tornou-se importador líquido de 152,8 milhões de toneladas, impulsionado pelo petróleo (183,4 mi t. importadas). Por sobre o curso dos fatos, manteve relativa autonomia (apenas 8,1% do consumo dependia de importações), graças à sua produção doméstica de carvão e petróleo.

Gráfico 7 - Consumo, capacidade de exportação e dependência de importação de energia em Mtce (1925)



Fonte: Adaptado de Darmstadter, et al., 1971, p. 163.

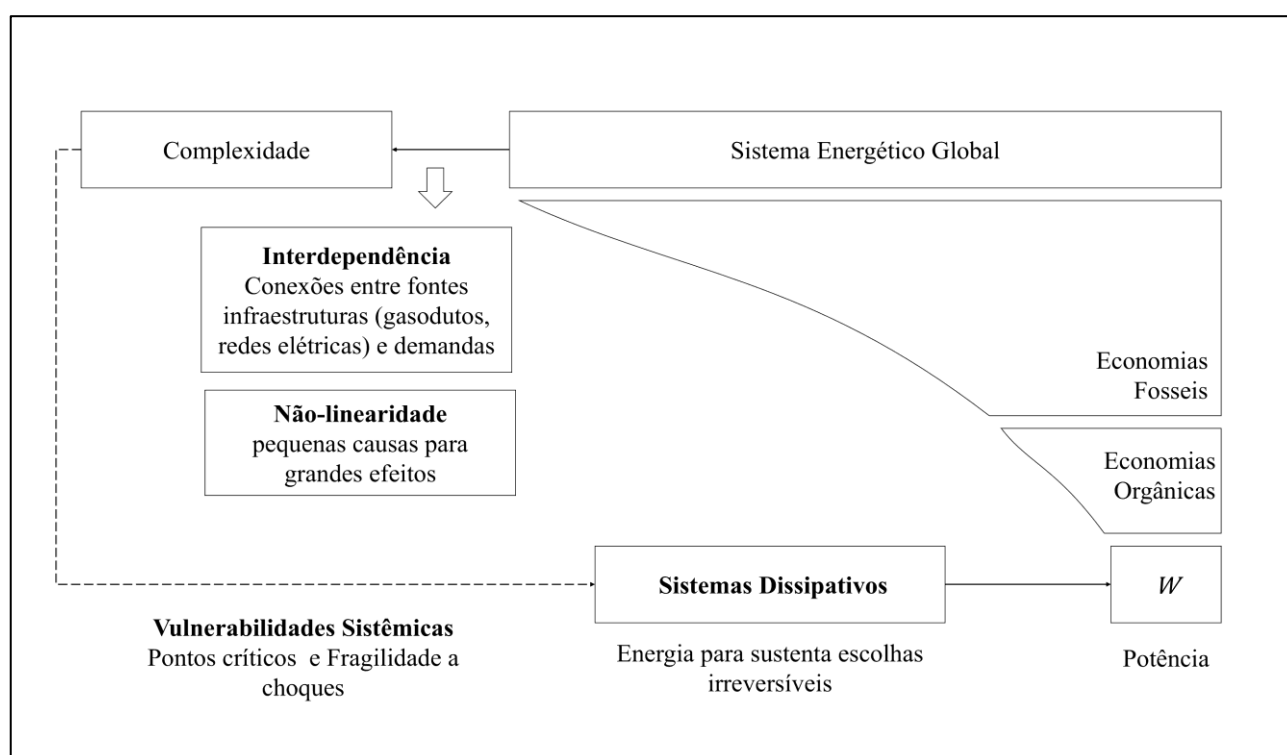
Gráfico 8 - Consumo, capacidade de exportação ou dependência de importação de energia em Mtce (1965)



Fonte: Adaptado de Darmstadter, et al., 1971, p. 163.

Há margem para afirmar, por conseguinte, que a Revolução Energética, instaurou as condições materiais para que um sistema energético global de redistribuição de energia e esse sustentar níveis crescentes de complexidade local ancorados na própria densidade dessas trocas transnacionais. Com petróleo, o consumo de energia aumenta drasticamente, os países industrializados tiveram crescimento entre 50% e 160%, enquanto economias em industrialização como Japão e Índia expandiram consumo entre 280% e 3,380% para o caso soviético. Permitindo, assim, sustentar mais complexidade interna.

Figura 7 - Dinâmica sistêmica do acesso à potência na formação e retroalimentação da complexidade no sistema energético global



Fonte: Elaboração própria. 2025.

Na contramão do curso presumido, já não faz sentido falar de complexidade via energia apenas como um fenômeno interno, porque a energia passou a ser extraída de um lugar, processada em outro, transportada por rotas longas e consumida por sociedades distantes. Isso compõe interdependências, igualmente como dela, relações de não linearidade de pequenos choques terem efeitos cascatas muito maiores, que faz de a vulnerabilidade não poder se dizer como “local”, e, como se deduz, sistêmica. A sintetizar, na condição da complexidade deixar de ser exclusivamente um ativo e passar a carregar consigo um potencial de fragilidade, compreender sua articulação com o comércio e a energia significa também mapear os limites operacionais de sistemas que, por dependerem de continuidade nos fluxos, tornam-se cada vez mais reféns de sua própria arquitetura.

Caso, por enquanto, podemos nos contentar com uma visão panorâmica desse sistema, ao longo da Parte II, nosso objetivo será desenterrar as camadas dessa complexidade de forma mais minuciosa, onde o nosso foco se desloca das dinâmicas materiais do sistema para, nessa linha, aos argumentos políticos. O que podemos afirmar de forma mais clara, por hora, é de uma mudança qualitativa de que a escassez moderna seria menos um fenômeno natural do que uma consequência política. No princípio, nas economias orgânicas, os recursos ainda podiam parecer locais, ligados à floresta próxima ou à terra cultivada no entorno, essa ilusão de proximidade começou a ruir à medida que cada degrau da complexidade social exigiu mais energia, e mais Potência disponível por pessoa significou, inevitavelmente, maior alargamento da distância entre o lugar da extração e o lugar da vida. A vida urbana dos anos 1900, passou a depender de fluxos, críveis de quebra das conexões globais que tornam críveis essa própria vida urbana.

Porém, desde que desejemos concluir esta parte com o devido viés de franqueza, e com a honestidade que nos cabe ao traçar os contornos de um argumento histórico sobre energia, potência e organização social, devemos reconhecer que a pergunta sobre o que ocorre quando os recursos se esgotam antecede em muito a Revolução Industrial ou relatórios do século XX. Nós a herdamos de muito antes. John Williams (1789, p. 172-173 apud Mathis, 2018), em sua *História Natural do Reino Mineral* cravou com todas as letras:

Quando nossas minas de carvão estiverem esgotadas, a prosperidade e a glória desta ilha florescente e afortunada estarão no fim. Nossas cidades e grandes vilas devem então se tornar montes de ruínas por falta de combustível, e nossas minas e manufaturas devem falhar pela mesma causa, e então consequentemente nosso comércio deve desaparecer. Em suma, o comércio, a riqueza, a importância, a glória e a felicidade da Grã-Bretanha decairão e gradualmente diminuirão para nada, na proporção em que nossas minas de carvão e outras falharem; e os futuros habitantes desta ilha devem viver, como seus primeiros habitantes, da pesca e da caça¹²⁹

Williams tensionava que poucos países estiveram tão expostos a uma única fonte de energia quanto a Inglaterra. No início do século XVII, cerca de 16% de suas necessidades energéticas já era suprida pelo carvão, uma proporção que salta para 77% em 1800 e alcança 95% no limiar do século XX¹³⁰. Foi isso que aconteceu, por um breve instante, quando os preços

¹²⁹ When our coal mines are exhausted, the prosperity and glory of this flourishing and fortunate island are at an end. Our cities and great towns must then become ruinous heaps for want of fuel, and our mines and manufactories must fail from the same cause, and then consequently our commerce must vanish. In short, the commerce, wealth, importance, glory, and happiness of Great Britain will decay and gradually dwindle to nothing, in proportion as our coal and other mines fail; and the future inhabitants of this island must live, like its first inhabitants, by fishing and hunting

¹³⁰ Como coloca Warde (2007p. 67), “Although the choice of a precise date is clearly arbitrary, coal became a more important provider of thermal energy than wood around about, or a little earlier than 1620. By 1700 coal provided the majority share of all energy consumption and was completely dominant by the end of the 18th century”. Assim como, duas páginas seguintes (69), na Table 4. Composition of energy consumption in England and Wales 1600–

do carvão dobraram entre 1870 e 1873¹³¹. A urbanização industrial não pode se desvincular de certa vulnerabilidade.

2000 (%) mostra que, enquanto em 1600 o consumo energético era amplamente distribuído entre fontes orgânicas como alimentos (27,5%), lenha (28,7%) e forragem para tração animal (25,6%), esse padrão se transforma radicalmente nos séculos seguintes. Em 1800, os fósseis já representavam 77% da energia consumida, saltando para 95,5% em 1900

¹³¹ Como coloca Mathis (2018, p. 03), “Even though there was no uniform price of coal in the country, Roy Church has calculated that average pit prices more than doubled between 1870 and 1873.²⁰ According to a coal merchant, the price of a ton of coal in London went from 18.6 shillings in 1870 to more than 32 shillings in 1873.²¹ According to Roy Church, these were the highest prices ever reached by coal in the 19th century, despite peaks in 1837, 1847 and 1854, and later in 1890 and 1900. The sufferings of the population were therefore intense, in London as well as in other towns deprived of local and more easily available coal”

PARTE II - DENSIDADE DE POTÊNCIA (W/m²)

Do conjunto de objetivos delineados na abertura desta dissertação, os dois primeiros sustentaram o percurso da Parte Anterior. Nela, tomou-se como hipótese que as sociedades humanas podem ser interpretadas à luz da física dos sistemas abertos, como estruturas dinâmicas, mantidas em estado de ordem provisória e afastada do equilíbrio por meio da ingestão contínua de energia livre. Partimos, convém destacar, de uma concepção na qual a complexidade social, não é só uma forma ou finalidade, ao passo que, um resultado, transitório, de uma organização termodinâmica que consome energia. Foi com esse arcabouço que procuramos, primeiro, explicitar a relação entre energia e organização social, para, em seguida, perscrutar os limites que os diferentes regimes energéticos, sobretudo os orgânicos e os fósseis, impuseram à expansão da ordem civilizacional ao longo do tempo.

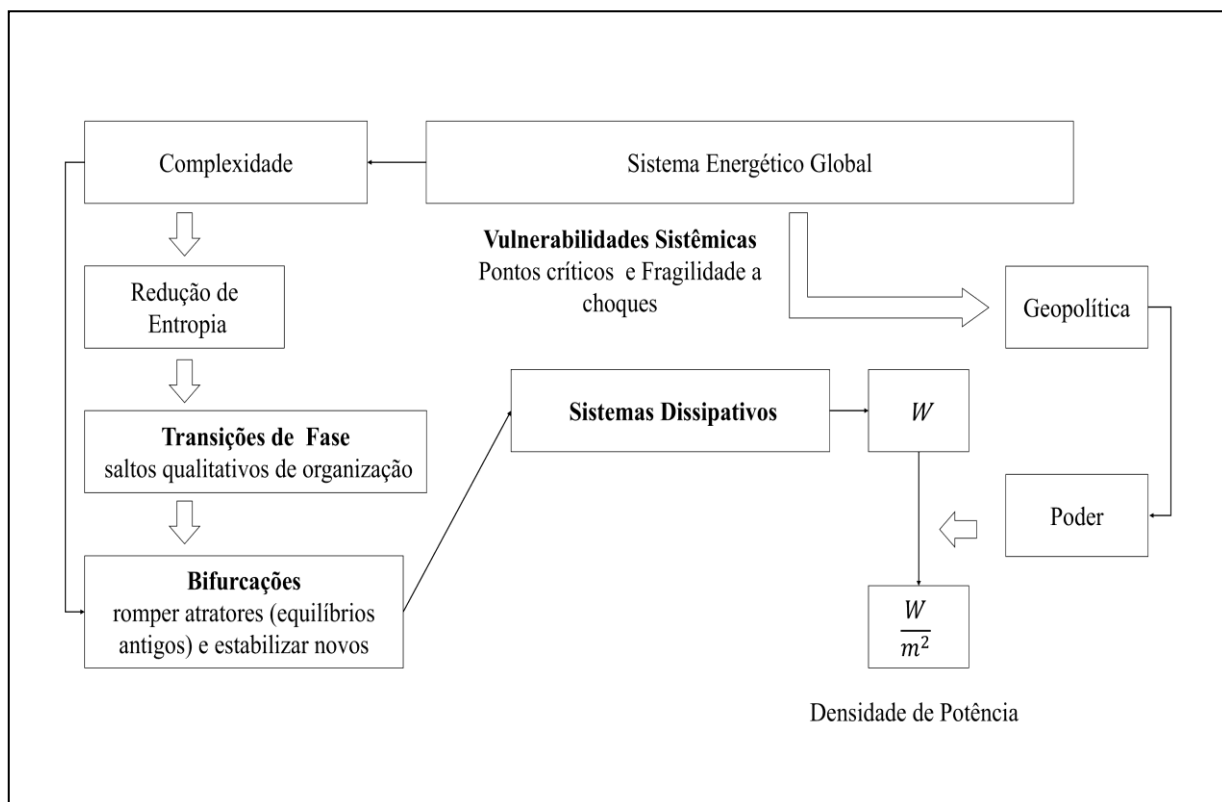
Seria tentador imaginar, no entanto, que esses saltos bastariam, por si, para assegurar a continuidade da trajetória civilizatória; que a multiplicação dos conversores e o crescimento exponencial da potência disponível selariam, de forma automática, os destinos do sistema. Porém que se diga, gerar excedentes foi só o começo, controlá-los, aplicá-los como se desejava e desfrutar dos retornos dele, permaneceram submetidos a fronteiras geográficas, políticas e materiais. Os saltos energéticos, por mais disruptivos, não aboliram a necessidade de projetar, proteger e operacionalizar os excedentes. Essa é a dobra que ora se apresenta: se antes tratamos do complexificar energético, cabe agora entrar no domínio do distribuir estratégico.

No que se resume, passamos do metabolismo civilizacional à engenharia da interdependência, onde fluxos exigem corredores, corredores exigem poder, e poder se plasma em formas institucionais, comerciais e militares. Essa Parte II desloca, no bojo, a análise para essa nova dimensão para avançar sobre os dois objetivos restantes, ao caso, de examinar o debate clássico sobre o comércio como mecanismo de transferência energética e discutir as propriedades estratégicas dessa transferência à luz da vulnerabilidade sistêmica que ela comina. Nesse movimento que nossa hipótese passa ganhar mais forma.

Sáimos da escala dos Estados por si, e, de modo que se observa, deles integrado com outras unidades dissipadoras, a par de os definimos na parte anterior, para observar como o espaço global passou a ser uma extensão energética das decisões energéticas locais. Enquanto tal, que desloca o foco da análise para dinâmicas não-lineares, em que a interdependência passa a produzir circuitos de retroalimentação, acúmulo de tensões e zonas de instabilidade latente. Do entra e sai dos fatos, de natureza (geo) política que atua através do comércio e se desponha de lado a lado do Poder.

No final do século XVII, o inglês William Petty, no início do Capítulo 1 da *“Aritmética Política”*, já refletia que um país pequeno, com território restrito, poderia rivalizar com potências maiores se soubesse explorar sua posição geográfica, investir na navegação e adotar políticas comerciais estratégicas¹³². Um século depois, outro inglês, Adam Smith, no Livro IV de *A Riqueza das Nações*, reforçaria essa percepção. Ao comentar o Ato de Navegação, apontava que sua função não era impulsionar diretamente o comércio exterior nem alimentar a opulência que dele poderia derivar, e sim conter o poder naval dos Países Baixos — único capaz de ameaçar a segurança inglesa. Seria *“a defesa muito mais importante do que a opulência”*¹³³.

Figura 8 - Arquitetura Sistêmica da Transição da Potência para a Densidade de Potência com Mediação do Poder em Sistemas Dissipativos de Alta Complexidade Energética



Fonte: Elaboração própria. 2025.

¹³² “Que um país pequeno, com pouca gente, pode, por sua situação, por seu comércio e pelas políticas que adota, ser equivalente em riqueza e poderio a outro com território mais amplo e população muito maior, e particularmente como a navegação e o transporte marítimo, de maneira excelente e fundamental, conduzem a isso” (Petty, [1662] 1983, p.113)

¹³³ “A animosidade nacional daquela época em especial visava exatamente ao mesmo objetivo que teria sido recompensado pela mais prudente sabedoria, isto é, a redução do poder naval da Holanda, a única de poder naval capaz então de pôr em risco a segurança da Inglaterra. A lei da navegação não favorece o comércio externo nem o crescimento da riqueza que dele pode decorrer. (...) Ao diminuirmos, portanto, o número de vendedores necessariamente reduziremos o número de compradores e, com isso, provavelmente não só teremos que comprar mercadorias estrangeiras mais caro, como também vender as nossas mais barato do que se houvesse uma liberdade maior de comércio. Visto que, porém, a defesa é muito mais importante do que a riqueza, a lei da navegação representa, possivelmente, a mais sábia de todas as leis comerciais da Inglaterra” (Smith, [1776], 1996, p. 444)

Para tanto, quer dizer, incorporamos a dimensão do poder¹³⁴ enquanto capacidade de orientar, controlar e proteger os fluxos que estruturam o sistema energético global que rascunhamos na última subseção da Parte I. Poder que, nesse viés, demanda matéria e tempo em escalas específicas. Poucos exemplos tornam esse encadeamento tão evidente quanto a construção naval, cuja viabilidade, antes do aço, repousava sobre a disponibilidade de madeira, recurso renovável, mas lento, subordinado ao ritmo biológico das árvores, gargalo que já se evidenciava na Parte I. Essa inflexão analítica conduz, quase como desdobramento natural, à necessidade de atribuir espessura material à potência e a ela incorporar dimensões qualitativas. Para isso, nessa parte colocamos a Potência em razão, literal, do território, a Densidade de Potência (W/m²). Ela recoloca a pergunta em termos não mais de quanto se extrai, do lado oposto, de onde se extrai, com que ritmo, com que consequências e, sobretudo, o que ocorre quando a superfície já não comporta a carga exigida por sua própria complexidade.

Essa redistribuição do foco analítico se justifica, ainda, por um descompasso histórico que urge ser revisitado. A fronteira energética, deslocada, em sucessivas camadas, do solo arável para jazidas subterrâneas e, mais adiante, para infraestruturas de alcance planetário, induziu, no pensamento econômico, a convicção de que a técnica e a globalização teriam dissolvido as amarras materiais da produção. A esse modo, como coloca Slessor (1978, p. 82), insistimos que à mercê do capitalismo industrial tenha criado a ilusão de uma economia emancipada de suas bases territoriais, o que produzimos, comemos e transportamos depende de uma relação material com o espaço físico, e a necessidade por fontes de energia, ora concentradas em certos territórios, ora escassas em outros:

A terra sempre teve um lugar firme na economia clássica, onde a atenção se concentrou na economia agrária e na terra como fator de produção. Ricardo e Malthus fundaram suas ideias em torno do fator terra, em contraste marcante com o pensamento econômico mais recente, no qual a terra praticamente saiu de cena e a produção era vista essencialmente como uma sinergia de trabalho e capital. O espectro malthusiano de fome e guerra em massa foi desacreditado. Como essa grande reviravolta ocorreu na economia? Surgiu do uso de tecnologias agrícolas avançadas, que, como veremos, são fortemente dependentes de insumos que são baseados em recursos. Assim, em menos de um século, passamos de uma sociedade cujo combustível (comida e calor) era baseado em um fluxo solar anual incessante, sem nenhum custo, para uma que agora só pode sobreviver explorando um recurso chamado energia, cuja oferta tributa a engenhosidade, requer capital e exige uma

¹³⁴ A definição “Fiorista” de Poder, esse é um processo contínuo de construção e reprodução, que depende tanto de bases materiais, como recursos naturais, tecnologia e infraestrutura, quanto de uma dimensão temporal, na qual a acumulação e a projeção de influência se desdobram em ciclos de expansão e consolidação. Com outro viés, o poder é uma energia que se expande de si mesma, influenciando o poder territorial, especialmente dos Estados e economias nacionais. Estes se tornaram unidades competitivas no sistema capitalista internacional, funcionando como máquinas de acumulação de poder e riqueza, expandindo-se continuamente sem um destino predeterminado: “O poder político é fluxo, mais do que estoque. Para existir precisa ser exercido; precisa se reproduzir e ser acumulado permanentemente. E o ato de conquista é a força originária que instaura e acumula poder” (Fiori, 2007, p. 17)

reciclagem interna de energia cada vez maior. Não é de estranhar que tenha havido um ressurgimento do interesse pela terra como fator de produção, refletido em uma escola de pensamento neo-ricardiana¹³⁵

Trazendo à superfície, que se reatualiza a pertinência da Economia Política Clássica pela urgência de acoplar novamente o fator terra. Em números, cada pessoa adicional demanda cerca de 0,1 hectare de terra para habitação, indústria e serviços, enquanto outros 0,2 a 0,3 hectares são necessários para alimentá-la, “*Um é às custas do outro*”¹³⁶. Essa parte, portanto, visa acoplar a terra com fator, e por isso voltamos a economia política clássica, ao comércio internacional e ao poder naval, e isso não pode ser feito sem entender como essas esferas se juntam em um sistema global de redistribuição energética. Em variáveis, Chaisson (2011) propõe que a densidade de fluxo energético (Φ_m), medida em ergs por segundo por grama (erg/s/g), ou seja, a energia necessária para acelerar 1 grama a 1 cm/s^2 por 1 centímetro, serviria como indicador da capacidade de um sistema, seja biológico, físico ou social, de sustentar complexidade¹³⁷. Essa métrica seria único processo ubíquo que governa a mudança como uma quantidade universal, com unidades idênticas para todos os sistemas complexos:

¹³⁵ Land has always had a firm place in classical economics, where attention focused upon the agrarian economy, and land as a factor of production. Ricardo and Malthus founded their ideas around the land factor, in marked contrast to more recent economic thought in which land virtually dropped out of the scene, and production was viewed essentially as a synergy of labour and capital. The Malthusian spectre of mass starvation and warfare was discredited. How had this big volteface occurred in economics? It arose out of the uses of advanced agricultural technologies, which as we shall see, are heavily dependent on inputs that are themselves resource-based. Thus within less than one century we have moved from a society whose fuel (food and heat) was based upon a ceaseless annual solar flux, at no cost, to one which can now only survive by exploiting a resource called energy, whose supply taxes ingenuity, requires capital, and calls for an increasingly large internal recycle of energy. Not unnaturally there has been a resurgence of interest in land as a factor of production, reflected in a Neo-Ricardian school of thought.

¹³⁶ Por exemplo, Slessor (1973), explora como as necessidades mínimas de energia para a autossuficiência de um país podem ser avaliadas, destacando a interdependência entre energia e a produção alimentar. Ele utiliza gráficos adaptados para ilustrar essas relações, considerando a produção mínima de proteína por pessoa, assumindo uma dieta vegetal ou sintética. Slessor propõe que a linha que representa o consumo mínimo de energia necessário para a produção de alimentos varia conforme a área agrícola disponível per capita. Além disso, ele sugere que, ao se adotar um padrão de vida europeu, onde dois terços da ingestão alimentar provêm de proteínas animais ou de peixe, a necessidade de energia aumenta consideravelmente à medida que a intensidade de uso da terra agrícola diminui, ou seja, à medida que a área agrícola disponível per capita se aproxima de 0,1 há. Ou, no livro em questão (1972), coloca que “A planner, considering the use of land, will allocate about 0.1 hectares of land for every additional person added to the population. Thus, if a demographer forecasts a rise in population of 500,000 over the next ten years, then the planner will appreciate that some 50,000 hectares of pasture or arable land will go out of service and be transformed into schools, houses, industries and so on to serve the needs of the new members of society. That 0.1 hectare does not include the land needed for food supply. About another 0.2 to 0.3 hectares are needed for food production. The one is at the expense of the other.”

¹³⁷ Como coloca, quando nossos ancestrais caçadores-coletores operavam com 3×10^4 erg/s/g, estavam limitados pela física imediata de seus músculos e do fogo que conseguiam dominar e com a agricultura, saltando para 10^5 erg/s/g. No auge, porém, a sociedade e suas máquinas inventadas estão entre os sistemas mais ricos em energia, com $\Phi_m > 10^5$ erg/s/g, portanto plausivelmente os mais complexos conhecidos, rastreada particularmente bem ao longo de várias gerações de motores a jato, como um Boeing 747-400, com motores de 110 MW para propulsionar uma aeronave de 180 toneladas, atingir $\Phi_m \approx 2,7 \times 10^7$ erg/s/g em meio aos avanços técnicos e a interação de subsistemas.

A densidade de taxa de energia (Φ_m) — o fluxo de energia por unidade de tempo por unidade de massa — continua a se manter como uma quantidade relativamente simples que descreve um processo comum e unificador que sustenta o crescimento da complexidade em uma vasta gama de sistemas em todo o Universo. [...] A importância de traçar, em uma única página, a mesma quantidade para sistemas tão diversos observados na Natureza não deve ser subestimada. Não conheço nenhuma outra grandeza única que possa caracterizar de forma tão extensa uma dinâmica central de sistemas ao longo de >20 ordens de magnitude em dimensão espacial e quase tantas em tempo¹³⁸. (Chaisson, 2011, p. 45)

Todavia, como essa unidade por segundo transforma energia em potência e por grama normaliza pelo tamanho do sistema, nossa ideia é dar “contorno” ao fluxo, não uniformizar. Essa é a fonte do porquê de fazemo-la em relação a metros quadrados (m^2), não de fluxo.

De qualquer forma, esse tipo de análise não é criação nossa, a métrica foi introduzida por Smil na década de 1980 como uma variável para a análise dos sistemas energéticos, na sombra de sua aplicação já na física de estudos magnéticos¹³⁹, refinando-a em sucessivas sínteses abrangentes sobre energia (Smil 1994, 2008), até dedicar-lhe uma obra inteira (Smil 2015), cujo próprio subtítulo é *“Uma chave para entender as fontes e usos da energia”*. Em sua formulação, essa métrica permite o melhor exame da configuração das infraestruturas produtivas, da competitividade das matrizes industriais e da capacidade de sustentar redes urbanas densamente povoadas, porquanto cada forma de conversão obedece a restrições físicas e espaciais que condicionam a viabilidade, o impacto ambiental de cada fonte utilizadas e condensar como foi possível complexidade, ao caso do exemplo urbano, nessas disparidade por espaço no uso da energia (ou em com ela é requerida).

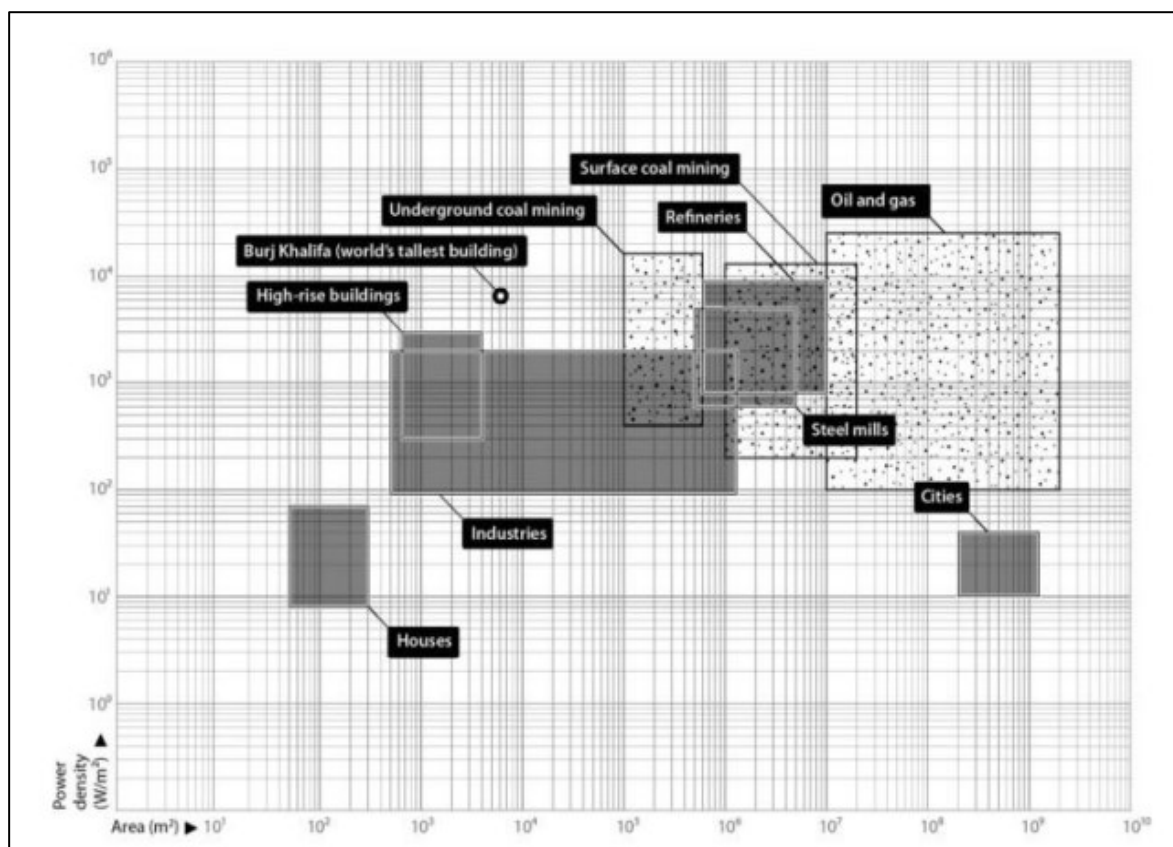
Ficou claro na Parte I que existe uma hierarquia de intensidade energética por unidade de área associada a diferentes atividades e processos industriais. Entretanto, isso também encontra forma num conjunto de dados que ajuda a consolidar, em termos visuais e quantitativos, o que até aqui tratamos como proposição. Tal com distribuído no gráfico abaixo, siderúrgicas e refinarias ocupam o topo da escala, pois, precisam concentram energia em

¹³⁸ Free energy rate density, Φ_m ,—the flow of energy per unit time per unit mass (freely available to do work or cause change thermodynamically)—continues to hold generally as a relatively simple quantity describing a common, unifying process that underpirds the growth of complexity characterizing a vast array of systems throughout the Universe. [...] The significance of plotting on a single page the same quantity for such a wide range of systems observed in Nature should not be overlooked. I am unaware of any other single quantity that can characterize so extensively a principal system dynamic over >20 orders of magnitude in spatial dimension and nearly as many in time.

¹³⁹ A unidade W/m^2 (watt por metro quadrado), fundamental para quantificar fluxos de energia, surgiu da necessidade de descrever como a energia eletromagnética se propaga no espaço. Como Smil (2015) destaca, essa medida está intrinsecamente ligada ao vetor de Poynting (1884), que descreve a taxa de transferência de energia por área em campos eletromagnéticos. Sua formulação matemática ($S^{\rightarrow}=E^{\rightarrow}\times H^{\rightarrow}$), onde $E^{\rightarrow}$ é o campo elétrico (V/m) e $H^{\rightarrow}$ o campo magnético (A/m), revela por que a unidade resulta em W/m^2 : volts $\times$ amperes = watts (potência), distribuídos por metro quadrado (área transversal ao fluxo). Historicamente, o conceito tem raízes paralelas no trabalho de Nikolai Umov (1874), que estudou fluxos de energia em meios materiais, e foi refinado por Oliver Heaviside.

pequenas áreas e, por outro lado, mineração e agricultura, como atividades dispersas. Portanto, quanto fontes energéticas densas permitiram a concentração de capital e tecnologia em pontos específicos do território, criando paisagens de excesso (megacidades) e de extração (minas, poços) em que abalança a desigualdade energética inscrita no espaço.

Gráfico 9 - Distribuição de Áreas Ocupadas por Atividades Antrópicas e Infraestruturas em Escalas de Área (m^2) e Densidade de Potência (W/m^2)



Fonte: Smil, 2015, p.187.

Porém que se diga, consome-se energia em larga escala, e, se quisermos ser precisos, o faz de maneira altamente concentrada em determinados espaços, o que gera demandas por redes de suprimento. Tomando que, os requisitos de energia de edifícios e transporte combinam-se para alcançar suas maiores densidades em cidades e aglomerações industriais¹⁴⁰. No âmag, tal

¹⁴⁰ Como discute Smil (2008, p. 204), a análise das densidades de potência em contextos urbanos revela que a organização espacial e a composição funcional das cidades produzem efeitos compensatórios que aproximam realidades socioeconômicas distintas. Em cidades como Kolkata ou Mumbai, onde o consumo per capita de energia é reduzido e a frota automotiva é proporcionalmente limitada, a elevada concentração populacional e a presença de atividades industriais no interior de zonas residenciais resultam em densidades de potência da ordem de 10 a 15 W/m^2 , equivalentes às encontradas em centros metropolitanos como Los Angeles ou Tóquio. Nessas últimas, a demanda energética é intensificada por sistemas de transporte individuais e climatização ambiental, ao passo que a expansão horizontal do tecido urbano e a baixa verticalização das habitações tendem a distribuir esse consumo por áreas mais amplas, reduzindo sua intensidade por unidade de superfície. Quando se observam os dados de megacidades asiáticas, os valores sobem consideravelmente. Xangai apresenta cerca de 80 W/m^2 considerando sua

qual a tabela abaixo, o carvão mineral oferecer uma densidade 15 mil vezes maior, mas sua extração ocupa 4.700 km², um padrão repetido no petróleo. Enquanto as refinarias operam com 5.000 W/m² em apenas 1.000 km², essa eficiência localizada depende de uma infraestrutura muito mais extensa: 5.400 km² para extração de petróleo cru (a 1.000 W/m²) e 27.000 km² para transporte via dutos (a apenas 300 W/m²). Na base do argumento, para cada metro quadrado de refinaria operando em alta densidade, são necessários cerca de 5,4 metros quadrados de área de extração e 27 metros quadrados de redes de transporte.

Tabela 7 - Eficiência de Diferentes Processos Energéticos por Potência Total (TW/GW), Densidade de Potência (W/m²) e Área Ocupada (km²)

Processo	Potência (TW/GW)	Densidade (W/m ²)	Área Ocupada (km ²)
Extração de Comb. Fósseis	13.63 TW	-	12,000
Carvão Mineral	4.72 TW	1,000	4,700
Petróleo Bruto	5.38 TW	1,000	5,400
Gás Natural	3.53 TW	2,000	1,800
Refino de Petróleo	5.10 TW	5,000	1,000
Transporte (dutos)	8.03 TW	300	27,000
Terminais Petrolíferos	2.21 TW	10,000	200
Terminais GNL	364 GW	5,000	100
Usinas Nucleares	316 GW	500	600

Fonte: Smil (2015, p. 191)

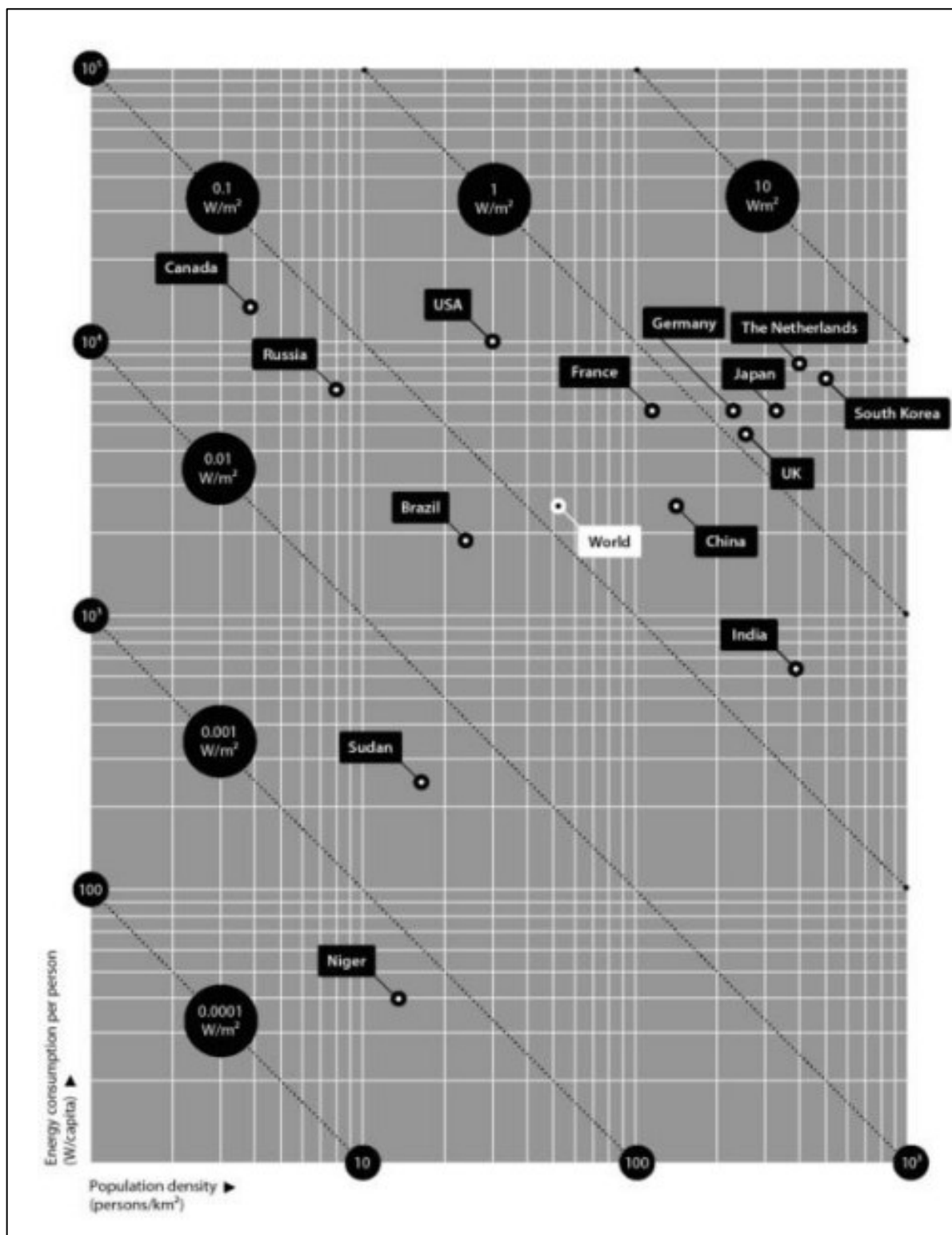
De tal jeito, é a capacidade de concentrar energia em nós industriais específicos através da externalização dos custos espaciais para áreas distantes de extração e redes de transporte. Seria essa, melhor dizendo, uma “capacidade de suporte” de uma determinada população que desenvolvemos no início da Parte I. Como somos cercados por fronteiras e civilizações se concentram em pontos específicos do território, esses dados, desse modo, não podem ser compreendidos apenas em adjacências de número absoluto, em efeito direto, do disponível no contorno para sustentar a estrutura demográfica.

Não por menos, Smil (2015) propõe igualmente uma reorganização dos dados, estruturando-os segundo duas variáveis, a densidade populacional, medida em pessoas por quilômetro quadrado, e o consumo energético per capita, expresso em watts por pessoa, como se observa no Gráfico 10. Essa família de curvas, da configuração particular desses pontos, é o que nos oferece a captura da densidade de potência associada a cada sociedade dentro dos seus

área urbanizada, Seul alcança 50 W/m² e Hong Kong, cuja mancha urbana é fortemente concentrada, supera os 110 W/m².

territórios e, de adendo, poderíamos dizer ao nossos caso, do quanto essa sociedade poderia exportar de energia ou quanto precisam importar para manter aos níveis desejados do tecido social.

Gráfico 10 - Densidade de Potência Energética per capita (W/m^2) em Relação à Densidade Populacional (hab/km^2) entre Países Desenvolvidos e em Desenvolvimento



Fonte: Smil (2015, p.182)

Países como Holanda (alta densidade) e EUA (baixa densidade) compartilham níveis similares de alto consumo energético, o que perpassa que a lógica não está apenas na ocupação territorial, porque é inegável que os holandeses possuem fronteiras muito mais circunscritas que os americanos. Ou, por outra, do porquê o canto inferior direito estar vazio, já que na prática, não há países que consigam conciliar alta densidade populacional (muitas pessoas por km²) e baixo consumo energético per capita (pouca energia por pessoa). Essa lacuna foi todo o tema da Parte I. Mesmo uma sociedade agrária pré-industrial em uma economia de subsistência, dependendo de biomassa, a própria lógica biofísica impõe um limite. Ao mesmo modo, Canadá e Rússia estão no topo (alto consumo energético), mas à esquerda (baixa densidade), dado a extrair energia com territórios pouco habitados, e Japão e Alemanha, no canto superior direito possuem alta densidade com alto consumo. Mais pessoa existem, nesses espaços, dividem mais metros quadrados, ora porque ali há mais energia por pessoa, exora porque há energia suficiente chegando de algum lugar para mantê-las ali.

Como o território carrega limites que antecedem a vontade política e os arranjos institucionais, não seria loucura afirmar, portanto, que essa métrica permite ver reguladores biofísico da organização territorial, e como dessa organização, um limitador à complexificação social e um indicador de crises potenciais quando ultrapassada sua capacidade crítica dessa mesma organização territorial. Nesse ponto, como soluções, também é passível dizer, passa por um lado, ou aumentar o numerador no acréscimos absoluto do fluxo energético, seja injetando mais energia no sistema na adição de novas fontes ($W_1 + W_2 + \dots + W_n$), seja a intensificação da produção existente ($\partial W / \partial t > 0$), que seria contar a melhoria da eficiência de conversão, ou por outro, reduzir a exigência sobre o denominador na contração do espaço energético efetivo, expandindo a superfície útil de onde a energia se extrai, seja a sobreposição de usos ($\cap(m^2_1, m^2_2, \dots m^2_n)$), seja a externalização territorial (m^2_{externa}).

Em suma, aperfeiçoar a conversão energética local através de avanços tecnológicos ou ampliar a captação de energia externa por meio do comércio internacional que redesenha a oferta energética conectando e redistribuindo em territórios desiguais em produtividade e extensão. O primeiro lado se viu na Parte I, na transição orgânica para a fóssil e o segundo se tornou viável pela revolução dos transportes. Porém, o próprio Smil (2015) adverte sobre a métrica não comunicar sozinha a qualidade do fluxo, a resiliência das infraestruturas que o sustentam ou os impactos de longo prazo sobre os territórios envolvidos. Dito de outro modo, o numerador não distingue a qualidade do fluxo, sua intermitência, sua dependência tecnológica ou sua estabilidade operacional, enquanto o denominador desconsidera os circuitos ampliados de suporte sobre o fato de que a terra disponível não se distribui de forma indiferente, *cum*

grano salis, está já recortada por fronteiras políticas, regimes de propriedade e assimetrias históricas.

Precisamente nessas ausências informacionais que essa parte da dissertação se dedica: carvão e o petróleo não são renováveis no horizonte humano e não podem ser “cultivados”. Suas jazidas já estão depositadas sob o solo muito antes de serem exploradas e as fronteiras políticas, traçadas por processos históricos, nem sempre coincidem com a localização dos depósitos. Tanto mais porque, como Hugill (1995, p. 40) argumenta, enquanto em uma economia orgânica a prosperidade dependia da extensão territorial e da produtividade agrícola, em uma economia baseada em minerais a vantagem relativa passou a ser determinada pela posse de depósitos estratégicos e pela capacidade de integrá-los em cadeias industriais:

Em uma economia orgânica, a sociedade com os maiores recursos terrestres e a produção mais eficiente geralmente se sai melhor, como atestam as histórias da Grã-Bretanha e dos Estados Unidos. Em uma economia baseada em minerais, a disponibilidade de minerais, a habilidade da força de trabalho e a produtividade da indústria parecem ser os recursos extremamente necessários. Os recursos minerais são uma provisão da natureza, e os países que não os possuem estão em desvantagem se o acesso aos recursos de outros se tornar uma decisão política e não econômica¹⁴¹.

Essa dinâmica não é recente, em sua essência, se intensifica à medida que o consumo energético per capita cresce e que as infraestruturas se tornam mais dependentes de insumos externos. Ou tanto quanto Bunker e Ciccantell (2005) dizem que as novas tecnologias se tornaram cada vez mais dependentes de depósitos de matérias-primas de qualidade superior, disponíveis em poucos lugares¹⁴². No que se segue, portanto, entraremos, de fato na Economia Política Clássica. Revisitamos as preocupações originais com os fatores de produção, em especial a terra, abordando o debate das Corn Laws, como expressão da capacidade de sustentar excedentes e mobilizar forças sociais e técnicas. E, ao fazê-lo, aproximamo-nos da tensão central deste trabalho: como os Estados que não dispõem de densidade energética suficiente em seu próprio território, para fazer os saltos que olhamos na parte I, constroem estratégias de inserção internacional capazes de compensar essa limitação.

¹⁴¹ In an organic economy the society with the greatest land resources and the most efficient production usually does best, as the histories of Britain and the United States attest. In a mineral-based economy the availability of minerals, the skill of the labor force, and the productivity of industry seem to be the critically needed resources. Mineral resources are a provision of nature, and those countries without them are at somewhat of a disadvantage if access to the resources of others becomes a political rather than an economic decision

¹⁴² Como colocam Bunker e Ciccantell (2005, p. 10), os avanços tecnológicos, especialmente aqueles que exigem resistência a calor intenso e pressões extremas, dependem de ligas metálicas especiais, que são escassas na natureza e encontradas em poucas localidades: “Resistance to intense heat and to heavy pressures requires alloys of specialty metals available in few places, so the material requirements of the new technologies extended searches for sources to more distant sites. Expansion, intensification, diversification, and more precise specification combined to make new technologies increasingly dependent on more and larger uniformly higher-grade deposits of raw materials across broader spaces. This is not a new phenomenon, though its effects have accelerated dramatically over the past 150 years”

Esse impasse não é novo e por isso voltamos aos Clássicos. O estado estacionário, tal como concebido por Ricardo, surgia como conclusão lógica de um mundo cujas fronteiras estavam dadas, um ponto de repouso a que tenderia qualquer economia sem novas terras, sem ganhos de produtividade e sem comércio com o exterior. No entanto, se escapamos desse repouso, foi porque havia energia a ser descoberta, potência a ser canalizada e, sobretudo, uma disposição política para reorganizar o mundo em torno dessa nova circulação que não se dá sem fricção e esbarra em barreiras políticas e geopolíticas. Nas seções que seguem, a atenção se voltará justamente para essa vontade. Mahan captou esse movimento com clareza ao situar o mar como arena do poder moderno, e a Primeira Guerra Mundial apenas confirmou tais propriedades estratégicas, como a centralidade das cadeias logísticas em conflitos de longa duração e o surgimento do conceito de Guerra Total.

2.1 DEBATE CLÁSSICO E O COMÉRCIO INTERNACIONAL

A medida de potência "Watt" foi nomeada em homenagem a James Watt, engenheiro escocês cujas melhorias na máquina a vapor foram base para a Revolução Industrial. Apesar disso, porém, o próprio Smil (2015) inicia sua obra sobre Densidades de Potência não por esse invento ou aos avanços da engenharia do século XIX, mas relatando um episódio ocorrido na Inglaterra do século XVI. Especificamente, a Comissão Real de 1548, em Sussex, que interrogou testemunhas sobre os impactos negativos das fornalhas de ferro, com perguntas como se a continuidade das usinas e fornalhas de ferro causaria uma grande escassez de madeira nas proximidades e quantas cidades estariam em risco de decair devido a isso¹⁴³. No início do século XVIII, a relação entre madeira e carvão era altamente ineficiente, exigindo cerca de 3,3 unidades de madeira para cada unidade energética de carvão e fornecendo uma densidade de potência de apenas 0,07 W/m². A introdução do carvão de coque mineral, embora inicialmente limitada por fornos rudimentares, elevou essa densidade para 500 W/m², uma proporção de 7 mil vezes em relação ao carvão vegetal.

¹⁴³ De acordo com Smil (2015) e Straker (1969, p. 115-118), as perguntas mais urgentes formuladas foram: se a continuidade das usinas e fornalhas de ferro causaria uma grande falta de madeira e lenha nas áreas próximas e quantas cidades estavam prestes a decair em razão dessas atividades. A magnitude do consumo tornava essa preocupação evidente, já que cada usina exigia anualmente mais de 500 cargas de carvão, sendo que para cada carga de carvão eram necessárias pelo menos três cargas de madeira, totalizando mais de 1.500 cargas por ano. O impacto extrapolava a siderurgia, pois a madeira era insumo essencial para diversas atividades, desde a construção de habitações e infraestruturas até a fabricação de navios, barris e ferramentas. Além disso, a redução na oferta ameaçava comprometer as necessidades estratégicas da Coroa, incluindo o fornecimento de madeira para as possessões inglesas no exterior, como Bolonha, que esteve sob domínio da Inglaterra entre 1544 e 1550.

Estava-se, assim, antecipando um problema que a Economia Política Clássica formalizaria séculos depois de que a produção depende dos recursos naturais que a sustenta, e seu esgotamento redefine as possibilidades do crescimento, cuja extração, ou melhor, o cultivo, demandava terra e gerava escassez. Um dos pontos centrais desta dissertação é recolocar a terra como fator produtivo decisivo, e isso foi, de fato, o que orientou a Parte I, ao explorarmos as economias orgânicas e suas limitações energéticas.

Ao dobrar esta esquina do argumento, ali mantivemo-nos ainda no plano da estrutura material, ao descrever como os fluxos de energia e os sistemas dissipativos condicionam a organização econômica e social, mostrando que a base territorial, em última instância, é também a base energética. Faltava, portanto, como passamos a fazer agora, a tradução dessa estrutura em termos econômicos mais reconhecíveis, como a renda, os rendimentos e o crescimento, situando a transição energética. Acrescente-se que não apenas como um fenômeno físico, em paralelo, como um rearranjo de relações políticas e econômicas. Até mesmo porque a terra como fator com o avanço da ciência econômica, cederam lugar a análises de um padrão em que a acumulação de capital e trabalho comandavam, quase por conta própria, a produção. Daí, prática de algum modo comum na teoria do comércio internacional em excluir produtos intensivos em recursos naturais da consideração¹⁴⁴.

No entanto, antecipamos um mea-culpa. Pode parecer tardio introduzir os autores clássicos apenas nessa segunda parte. Já tocamos em temas na primeira como limites “malthusianos” e outros comentários pontuais. Isso resulta da estrutura interna que organizamos desde o começo. Partimos de uma base que comporta duas ordens de problemas, e não apenas uma. A primeira diz respeito à forma como se concebia a terra, o que nos dedicamos no limite dado pela matriz energética em como os rendimentos estavam sujeitos a retornos decrescentes e onde a produtividade só podia crescer marginalmente com avanços na técnica e na organização do trabalho. Optamos por iniciar com a base energética das sociedades para realizar uma análise detalhada das condições físicas da produção. Este é um fundamento anterior que sustenta os conceitos econômicos formulados dentro das restrições históricas que moldam as possibilidades de crescimento e ocupação territorial. Também demonstramos que os sistemas econômicos não evoluem de maneira abstrata, mas sim sob constrangimentos energéticos claramente definidos.

¹⁴⁴ O paradigma dominante, amplamente influenciado pela síntese neoclássica, adota uma formulação em que a produção e o comércio são regidos pela dotação relativa de fatores móveis, capital e trabalho, deslocando, assim, o papel da terra e dos recursos naturais para uma posição periférica. Modelos como o de Heckscher-Ohlin privilegiam, por exemplo, mais a dotação de capital e trabalho como os principais determinantes das vantagens, como apontado por Hubacek e Bergh (2006).

Somente após termos estabelecido essa base energética e territorial fez sentido retomar a tradição clássica. Com isso, o debate sobre os rendimentos decrescentes, a renda da terra e o comércio internacional pôde ser apresentado não como um ponto de partida conceitual, e, de outro modo, como desdobramento histórico de estruturas materiais previamente expostas. Malthus e Ricardo, ao discutirem os limites do crescimento agrícola e a função do comércio, estavam formulando teoricamente as pressões que as economias orgânicas enfrentavam à medida que se expandiam e o conflito político sobre o novo conjunto de preocupações que a nova economia fóssil trazia. Por outro lado, caso tivéssemos iniciado a dissertação com o pensamento clássico, correríamos o risco de deslocar a atenção para um plano estritamente teórico, afastando-nos daquilo que pretendemos enfatizar desde o início. Na prática, a segunda ordem de problemas, menos explícita, da maneira como a industrialização tensionou essa estrutura. Nosso esforço não é de reconstrução historiográfica, a par disso, de reinterpretação da economia internacional a partir da energia, da terra e da potência como variáveis estruturantes.

2.1.1 Terra e os Rendimentos Decrescentes

O próprio Tainter (1988), e levantamos isso na Parte I, pressupõe que a complexidade possui rendimentos decrescentes, debruçando-se, e disso derivando ao mesmo tempo o argumento, em como isso se aplica à agricultura de subsistência, à produção de minerais e energia, ao processamento de informações e a muitas características da organização sociopolítica. Formalmente, essa ideia é da atividade econômica dos clássicos e a terra como fundamento. Como já foi observado, a Economia Política Clássica surgiu no exato momento em que a base energética da produção começava a se transformar, dessa feita, carregava consigo um legado intelectual que remontava a sua tradição anterior, dos fisiocratas, como François Quesnay e Cantillon:

Para os fisiocratas, o excedente econômico era atribuível à terra e, portanto, o crescimento populacional não podia aumentar a riqueza, o que estava em contradição com a visão mercantilista popular de que as pessoas faziam parte da base de ativos nacional. Fisiocratas como François Quesnay argumentaram que a multiplicação humana não poderia ser encorajada além de algum ponto sem levar à pobreza generalizada. Influyente tanto para os fisiocratas quanto para os economistas clássicos foi a Equação de la Terre & du Travail de Cantillon. Cantillon considerava a terra como o único insumo verdadeiramente original ou primário. Os valores intrínsecos das mercadorias eram redutíveis à quantidade de terra direta e indiretamente necessária para sua produção¹⁴⁵ (Hubacek; Bergh, 2006, p. 07)

¹⁴⁵ For the Physiocrats, economic surplus was attributable to land, and population growth could therefore not increase wealth, which was in contradiction to the popular Mercantilist view of people being a part of the national

No dizer de outro modo, os mercantilistas, dentro da conjuntura dos séculos XVI–XVIII da Europa moderna, durante a expansão comercial e colonialismo, viam a população como um "ativo nacional". Ao caso, mais pessoas significavam mais mão de obra, soldados e consumo, fortalecendo o Estado. De sorte que, a escola fisiocrata, por outro lado, coloca lume ao gargalo de que, sem terra suficiente para sustentar essa população, seu crescimento levaria à pobreza, que em miúdos, é o limite agrário da economia, abonado de uma perspectiva do funcionamento econômico como um sistema de fluxos. Neste sistema, produção, distribuição e consumo estão interconectados, permitindo a reprodução consecutiva da vida social, tal qual, viável somente mediante a geração de um excedente, entendido como o produto resultante da aplicação contínua de trabalho e insumos sobre a terra, cuja produtividade, ao superar os limites da subsistência, abre a possibilidade de acumulação.

Os economistas clássicos herdaram essa perspectiva, no limiar de que reinterpretassem seu papel dentro de uma estrutura produtiva mais ampla, dada a importância do progresso tecnológico e do capital para a produtividade e, portanto, para o crescimento, cuja agenda de pesquisa seria derivar os fatores para a riqueza e a distribuição de renda entre os fatores de produção: terra, trabalho e capital. Nesse ponto, e como tocamos no fundamento dos limites das economias orgânicas, estavam rendimentos decrescentes, como coloca Pasinetti (1974, p. 89), de quer em 1815, sua concomitância para explicar que o alto preço do trigo na Inglaterra:

A lei dos rendimentos decrescentes da terra foi apresentada quase simultaneamente, no espaço de vinte e um dias, em um movimentado fevereiro de 1815, por nada menos que quatro importantes economistas ingleses: Malthus, West, Ricardo e Torrens. As circunstâncias são interessantes. A Câmara dos Lordes e a Câmara dos Comuns nomearam comitês para investigar as causas do preço extremamente alto do trigo nos vinte anos anteriores e dos aluguéis impopularmente altos da terra (a famosa "questão do milho"). Mais de um proprietário de terras defendeu a situação alegando que a melhoria do cultivo exigia um número crescente de cercados de terras mais pobres, nas quais a renda era muito baixa, apesar do alto preço do trigo; e que uma diminuição dos preços, ou a importação de trigo a preços mais baixos, impediria a melhoria da agricultura e causaria perturbação no capital empregado nas terras menos férteis¹⁴⁶

asset base. Physiocrats such as Francois Quesnay argued that human multiplication could not be encouraged beyond some point without leading to widespread poverty. Influential for both the Physiocrats and later the Classical Economists was Cantillon's Equation de la Terre & du Travail. Cantillon regarded land as the only truly original or primary input. The intrinsic values of commodities were reducible to the quantity of land directly and indirectly required for their production

¹⁴⁶ The law of diminishing returns on land was presented almost simultaneously, within the space of twenty-one days, in an eventful February 1815, by no less than four leading English economists: Malthus, West, Ricardo and Torrens.⁹ The circumstances are interesting. The House of Lords and the House of Commons had appointed committees to enquire into the causes of the extremely high price of corn over the previous twenty years, and of the unpopularly high rents on land (the famous 'corn question'). More than one landowner defended the situation by claiming that the improvement of cultivation required an increasing number of enclosures of poorer land, on which rent was very low in spite of the high price of corn; and that a diminution of prices, or importation of corn at lower prices, would stop improvement in agriculture and cause disruption in capital employed on the least fertile lands

O ponto é que não haveria possibilidade indefinida de melhorias. O preço vinha do cultivo de terras menos férteis e, generalizado, correspondia à constatação de que, ao aumentar progressivamente a quantidade de um fator de produção (como mão de obra ou capital), mantendo os demais fatores constantes, o acréscimo marginal na produção total diminui após determinado ponto¹⁴⁷. Contudo, mesmo reconhecendo que a agricultura moderna passou a extrair muito mais de cada hectare do que se via no século XIX, tal constatação não invalida o diagnóstico clássico, apenas evidencia que os limites foram momentaneamente deslocados, alargados pelo advento da energia fóssil e pelos ganhos de produtividade técnica. Frente a tal cenário, a bem verdade, disso decorre-se outro problema, que o pensamento neoclássico tomou base comum essa relação de rendimentos para toda a economia (e não somente para a agricultura), como se a lógica da terra exaurida pudesse descrever, sem ressalvas, todo conjunto da atividade produtiva.

Na leitura que Pereira (2021) realiza da crítica de Sraffa à tradição neoclássica, especialmente à versão marshalliana da teoria dos preços baseada no equilíbrio parcial, parte da constatação de que os neoclássicos utilizavam conceitos herdados dos clássicos sem, contudo, preencher adequadamente suas determinações lógicas e materiais, mantendo o que Sraffa denominou “caixas vazias”. Nesse ponto, também estamos dentro dessa moldura, em continuidade a isso, o que nos interessa não é tanto o problema lógico da crítica interna sobre a teoria dos preços e distribuição¹⁴⁸, todavia, o que resta delas quando olhadas a partir da matéria.

Considerando que esses dados apontam, seguimos atentos à carcaça que ficou no lugar dos antigos conceitos, mas queremos saber como essa carcaça opera no mundo real se não houver solo fértil, combustível ou fluxo disponível. Para esclarecer, há um ponto de inflexão conceitual que atravessa silenciosamente o edifício da economia política clássica, um ponto

¹⁴⁷ Em um plano cartesiano, a curva de produção inicialmente cresce a uma taxa crescente, mas, após atingir um ponto de inflexão, passa a crescer a uma taxa decrescente, aproximando-se de um platô. Essa curvatura reflete a ideia de que a eficiência do insumo adicional diminui à medida que sua quantidade aumenta, evidenciando a limitação imposta pelos fatores fixos.

¹⁴⁸ Sobre isso, é pertinente o que discorrem Serrano e Cesaratto (2002, p.703) sobre a noção de que produtividade marginal decrescente, ou seja de retornos decrescentes para aumentos de cada fator mantendo algum outro fixo, não é uma hipótese sobre a tecnologia e sim o resultado da combinação do uso de uma tecnologia de retornos constantes de escala com a dotação exógena de fatores. Como a quantidade dos demais fatores é em princípio exógena, a utilização de doses adicionais de um fator vai fatalmente requerer uma mudança no método de produção em uso. Essa mudança será na direção de um método que tem a desvantagem de ter um menor produto por unidade do fator que está variando, mas que ao mesmo tempo utiliza proporcionalmente menos dos demais fatores, de forma que torne possível o aumento da produção. De fato, se fosse sempre possível automaticamente assegurar a expansão paralela da quantidade dos outros fatores, a economia continuaria usando o mesmo método de retornos constantes de escala numa escala maior. Por outro lado, se não houvesse vários métodos de produção disponíveis usando diferentes proporções dos fatores de produção, o produto marginal de uma unidade adicional de apenas um fator seria nulo, assim que se atingisse a plena utilização do fator que está dado. Assim, se a dotação de algum fator é exógena e existem uma multiplicidade de métodos diferentes (cada um com retornos constantes de escala), se deduz que a economia produzirá com produtos marginais decrescentes para cada fator dado isoladamente.

onde o próprio motor do crescimento se revela fadado à exaustão, sendo esse ponto que os autores do século XIX começaram a nomear, direta ou indiretamente, como o Estado Estacionário.

O pensamento clássico operava com uma dupla agenda analítica, que de um lado, sobre as condições que impulsionam o crescimento econômico e, de outro, não menos rigoroso, da possibilidade de que esse mesmo crescimento se interrompesse. Se a acumulação de capital é, nos termos clássicos, aquilo que impulsiona o crescimento, dessa feita tornava-se óbvio considerar o que ocorre quando essa acumulação esbarra nos rendimentos decrescentes da terra, e sob o peso do que ocorre quando a própria possibilidade de expansão material chega à saturação:

Ao mesmo tempo em que os autores clássicos procuram descobrir as leis do crescimento, indicando seus fatores e sua articulação dinâmica, não é menor nos mesmos o esforço no sentido de eliminar seus obstáculos, bem como de indicar políticas favoráveis a esse crescimento. É importante notar que o principal obstáculo que debilita o processo de crescimento brota do interior mesmo da acumulação de capital. Ou seja, a acumulação caminha para um ponto de saturação. Isto é perfeitamente claro em Mill, mas se constitui também na questão central, embora não de forma tão explícita, já em Smith e Ricardo. Nestes dois autores existe a ideia de que um 'excesso' de capital levaria a uma queda dos lucros e, por consequência, a um desestímulo ao prosseguimento da acumulação e ao estado estacionário. Já em Mill, fica perfeitamente claro que o advento do estado estacionário coincide com o movimento de saturação de capital. A diferença entre Smith e Ricardo, de um lado, e Mill, de outro, não diz respeito apenas ao espaço teórico que dedicaram ao tema. A mais importante se refere à própria natureza atribuída ao estado estacionário. Enquanto para Smith e Ricardo ele está associado à estagnação e penúria, para Mill o mesmo se constitui num estado de bem-estar, onde as necessidades materiais da sociedade já foram superadas. (Corazza, 1991, p. 208)

Para Adam Smith e David Ricardo, viam-no como crise em que a economia cessaria de crescer e passaria a reproduzir apenas o necessário à sua sobrevivência, John Stuart Mill, por sua vez, reinterpretaria essa mesma condição como estágio de maturidade social com bem-estar distribuído. Ricardo, especificamente, estrutura sua visão segundo a qual os salários tendem a se manter próximos ao nível de subsistência. À medida que a produção se expande para terras menos férteis, a produtividade marginal do trabalho e do capital diminui, pressionando os custos e comprimindo os lucros.

Como o lucro é o incentivo que move a acumulação de capital, a economia entra em estado de repouso precisamente porque a taxa de lucro atinge um nível tão baixo que torna a acumulação desinteressante, cujos efeitos se fazem sentir bem antes. Como o próprio Ricardo adverte, a tendência natural dos lucros é diminuir, dado que o crescimento da sociedade exige, a cada etapa, mais esforço para extrair a mesma quantidade de alimentos, e esse esforço adicional, traduzido em trabalho, pressiona a rentabilidade do capital. A renda fundiária cresce,

apropriando-se de uma parcela crescente do excedente, ao passo que o lucro encolhe, e o salário, preso ao nível de subsistência, permanece constante. O resultado é a estagnação:

O processo de transformação de lucros em capital, no entanto, não pode continuar indefinidamente. Devido aos retornos decrescentes de novo capital (e trabalho) aplicados à mesma quantidade de terra, ou a terras menos férteis, a renda aumenta ao longo do tempo, em termos reais e monetários, a taxa de salário em dinheiro também aumenta e, consequentemente, a taxa de lucro cai continuamente. Quando a taxa de lucro cai para zero, os capitalistas são impedidos de acumular mais; O processo de crescimento para e o sistema atinge um estado estacionário. De fato - acrescenta Ricardo - o estado estacionário será alcançado antes do ponto extremo em que todos os lucros desapareceram porque, a uma certa taxa mínima de lucro, os capitalistas perderão qualquer incentivo para acumular. O resultado final (o estado estacionário) é adiado no tempo por novas invenções e descobertas, que aumentam a produtividade do trabalho, mas é opinião de Ricardo que ele acabará sendo alcançado¹⁴⁹. (Pasinetti, 1974, p. 06)

Portanto, o crescimento econômico se depara com a limitação dos recursos naturais, mais precisamente a energia que eles oferecem, como é o caso das terras agrícolas e dos grãos, de que produção está diretamente vinculada à capacidade de conversão de energia dessas terras. O mesmo pode ser ilustrado apenas com referência ao progresso técnico, por outra via, porque mesmo que os capitalistas absorvem todos os ganhos do progresso técnico, com os salários estão fixos no nível de subsistência, os lucros (e sua participação na renda total) aumentariam, enquanto os salários permaneceriam estagnados, o que seria insustentável na perspectiva keynesiana, porque ignora a necessidade de demanda agregada¹⁵⁰. A todo modo, Ricardo não

¹⁴⁹ The process of transforming profits into capital, however, cannot go on indefinitely. Owing to the diminishing returns of new capital (and labour) applied to the same quantity of land, or to less fertile lands, rent increases over time, in real and in money terms, the money wage-rate increases too, and consequently the profit-rate continuously falls. When the rate of profit has fallen to zero, capitalists are prevented from accumulating any more; the growth process stops and the system reaches a stationary state. As a matter of fact - Ricardo adds - the stationary state will be reached before the extreme point where all profits have disappeared because, at a certain minimum rate of profit, the capitalists will lose any inducement to accumulate. The final outcome (the stationary state) is postponed in time by new inventions and discoveries, which increase the productivity of labour, but it is Ricardo's opinion that it will eventually be attained.

¹⁵⁰ como faz Pasinetti (1974, p. 97-98) com as hipóteses iniciais de que os trabalhadores gastam todos os seus salários em consumo ($sw = 0$) e os capitalistas poupam uma grande parte de seus lucros ($sc > 0$), uma perspectiva essencialmente mais otimista sobre a evolução dos sistemas capitalistas, ao passo de que, com a publicação da Teoria Geral, Keynes, ao destacar a importância de manter a demanda efetiva. Ou seja, os capitalistas tentassem absorver todo o excedente gerado pelo crescimento da produtividade (mantendo os salários no nível de subsistência e aumentando os lucros), a demanda efetiva seria insuficiente para sustentar o pleno emprego, levando a uma crise econômica: "For example, we may imagine that the economic system-after arriving at the Ricardian stationary state, where wages are at their 'natural' level and profits are at their minimum - starts enjoying growth of productivity, while population remains absolutely constant. (We shall abstract from rents.) We may keep Ricardo's assumption that workers spend all their wages on consumption goods, while capitalists save a large fraction of their incomes (profits). If we call sw and $5C$, respectively, the propensities to save of the workers and of the capitalists, this means $sw = 0$ and > 0 . We may now ask what will happen to income distribution, if full employment is to be kept through time. Ricardo's answer - although he never explicitly considered this case - would have been that, since wages are stuck at their 'natural' level, all the surplus over wages will be appropriated by the capitalists, who will therefore reap the benefits of technical progress. In other words, that wages will remain constant and profits (and the rate of profit, and the share of profit in total income) will all increase. But this is precisely what Keynes' contribution now enables us to say cannot happen. The reason is provided by the requirements of full-

concebia o progresso técnico como um processo contínuo e, menos ainda, como uma variável endógena.

De modo que esses processos indicam, era presunção que sob condições invariantes de tecnologia, mix produtivo fixo e recursos naturais de qualidade decrescente utilizados em ordem ótima, o crescimento econômico necessariamente geraria retornos marginais decrescentes, excluindo qualquer compensação por progresso técnico ou economias de escala:

modelo de crescimento econômico ricardiano, no qual os retornos decrescentes ricardianos são um resultado rigorosamente determinado. As características do modelo podem ser resumidas da seguinte forma: (1) Incorpora a premissa ricardiana de um declínio endógeno induzido pela escala na qualidade econômica dos recursos livremente disponíveis. Essa premissa é a heterogeneidade física inquestionável da base de recursos e a suposição de que, à medida que novos recursos são colocados em uso, a sociedade possui tanto o conhecimento quanto a vontade de empregá-los em ordem de declínio da qualidade econômica. (2) Os parâmetros do modelo são estritamente invariantes. O declínio na qualidade dos recursos é totalmente endógeno ao modelo. O mix de produtos não muda; e tanto a produção quanto os insumos de capital de trabalho são qualitativamente homogêneos. (3) Finalmente, a função de produção social padrão é especificada para fornecer retornos constantes de escala, garantindo assim que os retornos decrescentes devido ao declínio da qualidade dos recursos não sejam superiores montado pela presença embutida de retornos crescentes de escala na própria função de produção social. Estas são condições precisas e restritivas. Se eles estiverem presentes, pode-se dizer que uma lei de retornos historicamente decrescentes segue como uma consequência necessária do crescimento econômico¹⁵¹ (Barnett; Morse, 1963, p. 116-117)

Com isso, o Estado Estacionário seria o destino lógico de uma economia submetida aos limites físicos e ao comportamento passivo da inovação em que o crescimento cessa não tanto por colapso externo, mas por exaustão interna dos seus próprios impulsos reprodutivos. Tampouco por acidente, a controvérsia entre o protecionismo agrário e o livre-comércio, que retomaremos mais adiante.

Entretanto, que já nos tolera perceber os contornos de um nó maior, o que Wrigley (1988) descreveu como uma “nota sombria” da teoria clássica dada a conclusão de que, como demonstra o capítulo sobre os Lucros nos *Princípios*, o crescimento estaria condenado à estagnação justamente porque a produtividade marginal da terra decresce à medida que se

employment effective demand. If the capitalists were to try to appropriate the whole surplus, the economic system would be precipitated into a slump.”

¹⁵¹ The characteristics of the model may be summarized as follows: (1) It incorporates the Ricardian premise of an endogenous, scale-induced decline in the economic quality of freely available resources. This premise is the unquestioned physical heterogeneity of the resource base and the assumption that, as new resources are brought into use, society possesses both the knowledge and the will to employ them in order of declining economic quality. (2) The parameters of the model are strictly invariant. The decline in resource quality is wholly endogenous to the model. The product mix is unchanging; and both output and the labor-capital inputs are qualitatively homogeneous. (3) Finally, the standard social production function is specified to provide constant returns to scale, thus assuring that diminishing returns due to declining resource quality will not be overridden by the built-in presence of increasing returns to scale in the social production function itself. These are precise and restrictive conditions. If they are present, a law of historically diminishing returns may be said to follow as a necessary consequence of economic growth

amplia sua exploração, *ceteris paribus*, em sua interpretação mais estrita porque “*para falsificar as expectativas dos economistas clássicos, foi necessária uma revolução industrial, o florescimento de um novo regime econômico*”¹⁵² (Wrigley, 1988, p. 50). Isso quer dizer, a Revolução Industrial superou os limites não por produzir mais do mesmo, mas por redefinir radicalmente o que era produzido e como:

À medida que os elementos da economia cujo crescimento não implicava aumento da pressão sobre a terra se expandiam gradualmente, no entanto, esses pressentimentos perderam o pavor. A mudança composicional estava aumentando lentamente a proporção da força de trabalho em ocupações com produtividade alta ou crescente, enquanto a mudança técnica estava melhorando a produtividade mesmo em alguns dos ofícios mais tradicionais. Mesmo as atividades nas quais a especialização da função poderia oferecer pouca esperança de maior produtividade porque o produto não era padronizado poderiam se beneficiar eventualmente da descoberta de maneiras de aproveitar os novos materiais e fontes de energia no processo de produção. Uma costureira com uma máquina de costura elétrica pode produzir um vestido de baile consideravelmente mais rápido do que uma costureira com uma agulha¹⁵³. (Wrigley, 1988, p. 116)

Traduz-se, basicamente, como a quantidade de energia disponível para uma sociedade, que depende muito dos "conversores" que ela usa para transformá-la e aplicá-la, sejam eles humanos, animais, ou até máquinas como os motores a vapor e a combustão interna. Ao melhorar a eficiência desses conversores, como aconteceu com o desenvolvimento das máquinas a vapor ou dos motores a combustão, conseguimos aumentar a quantidade de energia utilizável, aproveitando melhor os recursos limitados.

Thomas (1985) ilustra bem isso ao destacar a formação da crise na Grã-Bretanha do século XVIII, em que a explosão populacional gerava uma crescente pressão sobre uma quantidade limitada de terra para o cultivo de grãos, carvão vegetal, pastagens, madeira para a construção naval e para os canteiros de obras. No século em que se desenhou a transição para o regime energético industrial, entre as décadas 1760-1860, ao destrinchar os dados da formação de capital, como trazemos no gráfico 11, de início salta que entre a primeira década, houve retração expressiva no investimento industrial, com queda de um terço nos gastos destinados à

¹⁵² To falsify the expectations of the classical economists required an industrial revolution, the burgeoning of a new economic regime

¹⁵³ As the elements in the economy whose growth implied no increased pressure on the land gradually expanded, however, such forebodings lost their dread. Compositional change was slowly increasing the proportion of the workforce in occupations with high or rising productivity while technical change was improving productivity even in some of the most traditional trades. Even activities in which specialization of function could hold out little hope of enhanced productivity because the product was not standardized could benefit eventually from the discovery of ways of harnessing the new materials and energy sources in the production process. A seamstress with an electric sewing machine can produce a ball dress considerably quicker than a seamstress with a needle. The favourable economic developments were paralleled by helpful demographic changes.

manufatura e à mineração de carvão, mas que esse movimento se deu de forma simultânea ao avanço dos investimentos em agricultura e, sobretudo, em transportes.

Em termos absolutos, os investimentos em edifícios industriais e comerciais diminuíram de 0,97 milhões para 0,73 milhões, e as máquinas e equipamentos industriais de 0,27 milhões 0,11 milhões, e mineração e pedreiras de 0,08 milhão a 0,04 milhões. Como o próprio Thomas se pergunta, não teria essa quebra sido provocada pelos efeitos econômicos da Guerra da Independência Americana (1775), porque essa hipótese parece pouco plausível uma vez que os impactos do conflito, se distribuídos de forma generalizada, não deveriam ter afetado apenas a manufatura e a mineração.

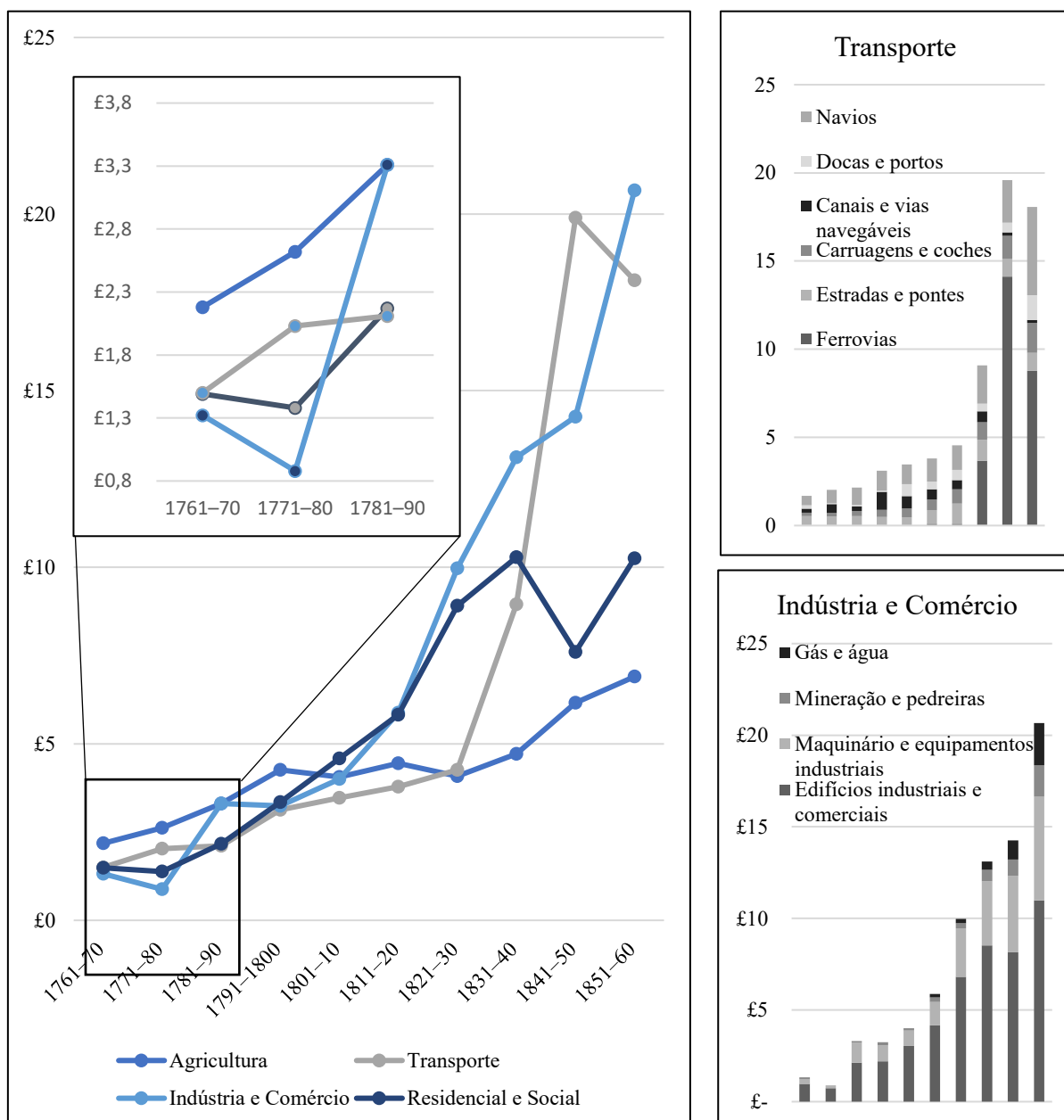
Por outro lado, materializa uma estratégia de adaptação a um cenário em que os fundamentos energéticos da industrialização, particularmente o ferro e o carvão, encontravam-se tensionados por limites de oferta, custos crescentes e desafios tecnológicos. Se a manufatura dependia crescentemente do ferro como insumo central, e se mais da metade desse ferro já provinha do carvão, sendo que três quartos das importações britânicas vinham da Suécia e da Rússia¹⁵⁴, desde esse crivo, o sistema produtivo britânico enfrentava, na prática, uma dupla pressão: de um lado, uma indústria de carvão vegetal cada vez mais obsoleta e incapaz de sustentar a escala requerida; de outro, uma tecnologia movida a coque que, embora promissora, entre sombras não estava plenamente operacional para substituir os métodos tradicionais. Uma resposta tática a um ambiente de escassez energética relativa, no qual a ampliação da produção interna deixava de ser o caminho mais eficiente, sendo substituída por estratégias voltadas à expansão das capacidades logísticas e agrícolas.

Entre as décadas de 1820 e 1850, o investimento anual em transporte cresceu de 4 para 19 milhões de libras, direcionando-se sobretudo à construção de ferrovias e navios a vapor. Esse salto, é o eco de investimentos anteriores em carvão e ferro desde os anos 1780 e ajuda a explicar por que, mesmo com o rápido crescimento populacional britânico, os preços dos alimentos caíram e os salários reais subiram. Fica claro que convocar Malthus e Ricardo, portanto, não responde a um gesto de homenagem teórica, tampouco a um apego escolar aos cânones da economia política. Trata-se, antes, de cavar as camadas fundacionais de um processo decisório em que os Estados passaram a deliberar sobre como manter internamente níveis

¹⁵⁴ Como Thomas (1985, p. 736), “Manufacturing depended on iron as its basic input; an estimate for 1788 shows that over a half of the iron consumed in Britain was made with charcoal, and about 75 percent of this charcoal iron was imported from Sweden and Russia. Between the 1740s and the 1770s the average price of charcoal went up by 45 percent, and imports of bar iron doubled from 22,500 to 44,100 tons. In the 1760s fuel costs per ton of pig iron in charcoal furnaces were substantially higher than in coke furnaces. Between the period 1765 to 1769 and 1770 to 1774 aggregate British output of pig iron remained stationary at 40,000 tons; production in the charcoal sector declined by 4,000 tons and this fall was exactly offset by a rise in the coke sector”

crecentes de complexidade, em sua essência, crescimento urbano, especialização funcional, multiplicação institucional, sustentando essa maquinaria por meio de cadeias externas de abastecimento.

Gráfico 11- Formação Interna Bruta de Capital na Grã-Bretanha de 1760-1860 a preços de 1851-1860 por setor



Fonte: Elaboração própria com dados da Tabela 1 de Thomas (1985, p. 734)

Nossa intensão é condensar isso no debate das Corn Laws, em como por ele além do debate sobre renda, corta-lhe por todo um argumento sobre segurança e defesa, que caso não tomado sob essa ótica, cai-se em duas vias tais como o esforço de Barnett e Morse (1963, p. 139), ao proporem uma modelagem da “*economia da disponibilidade de recursos naturais*”.

Pois, colocam lado a lado, de modo sistemático, os conceitos de escassez e crescimento, a hipótese malthusiana de uma fixidez absoluta no estoque de recursos naturais uma oferta final perfeitamente inelástica desse insumo produtivo, no curso de que dada a finitude terrestre, só seria provável a sociedades primitivas, incapazes de comércio interregional significativo e dedicadas quase exclusivamente à agricultura:

Tem sido aplicado por muitos analistas ao mundo como um todo, porque a Terra é finita. Mas é claramente errado identificar todo o globo terrestre, do qual apenas uma fração foi perturbada pela mão do homem, com o fator de entrada de recursos na função de produção social. A escassez malthusiana, portanto, não é a situação que o homem enfrenta atualmente em escala global. É provável que algumas sociedades, aquelas primitivas demais para se envolverem em extenso comércio inter-regional e empregadas quase inteiramente na agricultura, experimentem a escassez malthusiana. Isso não significa que todos os recursos físicos de todo o seu dom natural estejam sendo totalmente utilizados, mas apenas os recursos - principalmente terras agrícolas - que eles têm o conhecimento para usar. Seu baixo estado de bem-estar econômico resulta de uma interação de dois fatores: um representando suas terras férteis em relação ao número da população e o outro representando o espectro de suas oportunidades e tecnologias institucionais disponíveis. Esse ambiente de recursos com poucos acres per capita é mais limitante do que um com muitos, porque um estoque maior de conhecimento técnico e relações institucionais é necessário para conquistar suas intratabilidades. Essa maneira de expor o caso enfatiza que uma sociedade teria que ser primitiva e amplamente isolada se quisesse estar persistentemente sujeita à escassez malthusiana. Embora tal sociedade possa ser validamente caracterizada como sendo oprimida pela escassez malthusiana, nos perguntamos se essa é uma descrição altamente significativa. Nenhuma sociedade pode escapar dos limites gerais de seus recursos, mas nenhuma sociedade inovadora precisa aceitar retornos decrescentes malthusianos¹⁵⁵

Na acepção em que dado a relação entre terra fértil e população e o espectro de oportunidades institucionais e tecnológicas disponíveis, o comércio no mundo desenhado pela revolução dos transportes ou o estreitamento da “Rede Humana” seria a saída para não aceitar rendimentos marginais decrescentes. Como quer que seja, mesmo que ao mundo tenha chegado a tanto, o ponto de destaque malthusiano no debate das Corn Laws não é somente um instrumento de política econômica, ao contrário, um sintoma das ansiedades estratégicas sobre a dependência externa em contextos de insegurança material. Sob a égide de que reconhecendo

¹⁵⁵ It has been applied by many analysts to the world as a whole, because the earth is finite. But it is clearly wrong to identify the entire terrestrial globe, only a fraction of which has been disturbed by the hand of man, with the resource-input factor in the social production function. Malthusian scarcity thus is not the situation presently confronting man on a global scale. It is probable that some societies, those too primitive to engage in extensive interregional trade and employed almost wholly in agriculture, experience Malthusian scarcity. This does not mean that all the physical resources of their entire natural endowment are being put to full use, but only the resources—primarily agricultural land—which they have the knowledge to use. Their low state of economic welfare results from an interaction of two factors: one representing their fertile land relative to population numbers, and the other one representing the spectrum of their available institutional opportunities and technologies. Such a resource environment with few acres per capita is more limiting than one with many, because a larger stock of technical knowledge and institutional relations is required to conquer its intractabilities. This way of stating the case emphasizes that a society would have to be both primitive and largely isolated if it is to be persistently subject to Malthusian scarcity. While such a society can validly be characterized as being held down by Malthusian scarcity, we wonder whether this is a highly significant description. No society can escape the general limits of its resources, but no innovative society need accept Malthusian diminishing returns

os benefícios da divisão do trabalho entre indivíduos e nações, alerta que tais vantagens dependem da capacidade real de trocar os produtos dessa especialização. Caso essa capacidade estiver sujeita a interrupções externas, no lastro, todo o edifício da produtividade construída sobre a interdependência comercial se torna vulnerável. Justamente o traço de segurança que disso opera e que é o nosso interesse.

2.1.2 Terra na Perspectiva Malthusiana

Após a batalha de Trafalgar em 1805, durante as já citadas Guerras Napoleônicas e a subsequente derrota das forças francesas, Napoleão alterou sua estratégia. Ele optou por não mais enfrentar diretamente a marinha britânica e adotou uma abordagem terrestre ao instituir o Bloqueio Continental em 1806¹⁵⁶. A medida, no entanto, teve como efeito colateral uma reorganização forçada da produção agrícola dentro da ilha, que passou a expandir-se mesmo em solos menos férteis, conduzida não tanto por escolha, mas por necessidade. Durante a guerra, essa pressão foi absorvida como parte do esforço de sobrevivência coletiva, porém, com a queda de Napoleão em 1814 e a reabertura dos canais comerciais com a Europa, o retorno dos grãos importados impôs nova tensão. Os preços internos cederam e, diante da ameaça ao rendimento da terra, aprovou-se um sistema de tarifas que condicionava a entrada livre de cereais estrangeiros a patamares elevados de preço: 80 xelins para o trigo, 50 para o centeio e 40 para a cevada, como sistematizam Salvadori e Signorino (2019).

Tais conjuntos eram as Corn Laws, indo até meados dos anos 1840. À guisa, entre os anos de 1814 e 1816, essas medidas foram precedidas de grande debate público-parlamentar através de uma guerra “panfletária”. Foi nessa base que duas formas distintas de pensar a economia política ficaram bastante claras. Uma delas partia do princípio de que toda comunidade está atravessada por ritmos naturais que não se curvam à velocidade dos mercados. O crescimento da população, mais rápido que a produção de alimentos, tensionaria qualquer arranjo social que tentasse depender de fontes externas em tempos incertos, encontrando em Thomas Malthus seu mais notório representante, que organizou seus argumentos em dois

¹⁵⁶ No fio da navalha, era um bloqueio continental, não marítimo, que só poderia ser eficaz com o controle político dos estados costeiros, especialmente os da Europa Ocidental, que haviam sido forçados a alinhar-se ao poder francês: “Despite Napoleon’s settlements with the continental powers, Great Britain, again his sole remaining opponent, remained as strong as ever, thanks to its decimation of the French and Spanish fleets at Trafalgar. Unable to invade it or to resist its naval power, and suffering from its strangling of French overseas trade, days of glory 249 Napoleon determined instead to wreck it economically by depriving it of access to European markets. This was the “Continental Blockade” he outlined in decrees issued from Berlin in late 1806, which would eventually expand into an ambitious economic “Continental System.” But in the absence of naval power, he could enforce this design only by exerting direct or indirect political control over the coastal states of the Continent — all of them. And in the final analysis, doing so would frequently require armed force” (Bell, 2007, p. 249-250)

momentos: *Observations on the Effects of the Corn Laws* em 1814 e *The Grounds of an Opinion on the Policy of Restricting the Importation of Foreign Corn* em 1815.

O primeiro, ainda tateava um meio-termo, buscando uma análise “imparcial”, reconhecendo que a importação de grãos a preços inferiores poderia beneficiar a indústria e os consumidores urbanos, todavia alertava para os perigos de uma dependência das cadeias internacionais, sobretudo em tempos de crise. No ano seguinte, porém, seu tom endurece. Sem tarifas protetivas, o setor agrícola britânico encolheria e seria irreversivelmente eclipsado, tomando a mobilidade intra-país do capital. Com isso, sua advertência vai no sentido de que a atratividade do custo reduzido esconde algumas arapucas, pois, o preço monetário do trigo pode ser reduzido, entretanto, isso não faria diferença com o país miseravelmente empobrecido, mesmo que o custo do pão fosse irrisório. Escrevendo no imediato pós-Europa napoleônica, seu temor, ao observar a política francesa de restrição às exportações de trigo, não se limitava à volatilidade dos preços, mas à possibilidade de que a França, detentora de grande região cerealífera na Europa, utilizasse o controle do abastecimento como uma ferramenta de pressão estratégica sobre a Inglaterra, perpetuando, por outros meios, a tensão que as guerras haviam instaurado¹⁵⁷.

Existe, de início, uma hierarquia de possibilidades para Malthus, em regiões que devem depender do comércio exterior regiões que podem (e devem) buscar autossuficiência. Ao primeiro caso, a natureza lhes teria dito claramente que, podemos chamar do nosso fio condutor, saltar em complexidade, ou como Malthus coloca de aumentarem em “riqueza e poder” em qualquer medida, só poderá ser vivendo da produção bruta de outros países. Dizia-se que eram países de território exíguo, compostos por poucas cidades de maior porte. Existiriam, segundo se afirmava, por força da importação; e, sendo tidos como demograficamente discretos, contariam, em regra, com um suprimento relativamente estável. Mas, estável ou não, a verdade

¹⁵⁷ Como Malthus coloca, “Nosso vizinho mais próximo, possuidor da maior e melhor região de trigo da Europa, e que, devido a um clima e solo mais favoráveis, uma população mais estacionária e comparativamente menos populosa e um peso mais leve de impostos, pode cultivar trigo a menos da metade de nossos preços, decretou que a exportação de trigo será livre até que o preço suba para cerca de quarenta e nove xelins por trimestre, e que então cessará completamente. Da vizinhança da França e do baixo custo de seu trigo em todos os anos de abundância comum, dificilmente é possível que nossas principais importações não venham desse bairro, desde que nossos portos estejam abertos para recebê-las. Neste primeiro ano de comércio aberto, nossas importações foram tais que mostram que, embora o trigo do Báltico não possa deprimir seriamente nossos preços em uma estação desfavorável em casa, o trigo da França pode fazê-lo cair abaixo de um preço crescente, sob a pressão de uma das piores safras que se conhece há uma longa série de anos”.

implícita era que não dispunham de alternativa. A Grã-Bretanha não seria um deles devendo buscar autossuficiência¹⁵⁸.

Nessa linha, longe de uma mera inferência, sua relação é desmontar a crença na fluidez perpétua do comércio ao destacar que sua própria organização depende não exclusivamente da especialização produtiva, mas da possibilidade concreta de conversão dessa especialização em vantagem material por meio da troca. Se essa conversão pode ser arbitrariamente tolhida pela vontade de terceiros, então, o livre comércio não seria um axioma, mas uma aposta:

Tal espécie de comércio de grãos abala os alicerces e altera inteiramente os dados sobre os quais os princípios gerais do livre comércio são estabelecidos. Pois o que dizem esses princípios? Eles dizem, e dizem com toda a razão, que se cada nação se dedicasse particularmente aos tipos de indústria e produtos, aos quais seu solo, clima, situação, capital e habilidade eram mais adequados; e se então trocassem livremente esses produtos entre si, seria o modo mais certo e eficaz, não apenas de promover a riqueza e a prosperidade de todo o corpo da república comercial com o ritmo mais rápido, mas de dar a cada nação individual do corpo o uso pleno e perfeito de todos os seus recursos. Estou muito longe de querer insinuar que, se não podemos ter a mais perfeita liberdade de comércio, não devemos ter nenhuma; ou que uma grande nação deve alterar imediatamente sua política comercial, sempre que qualquer um dos países com os quais lida aprovar leis inconsistentes com os princípios da liberdade. Mas protesto inteiramente contra a doutrina de que devemos perseguir nossos princípios gerais sem nunca procurar ver se eles são aplicáveis ao caso diante de nós; e que na política e na economia política, devemos seguir em frente, como certamente devemos fazer na moral, sem qualquer referência à conduta e aos procedimentos dos outros. Não há ninguém minimamente familiarizado com a economia política, mas deve estar ciente de que as vantagens resultantes da divisão do trabalho, tanto aplicáveis às nações quanto aos indivíduos, dependem única e inteiramente do poder de trocar posteriormente os produtos do trabalho. E ninguém pode hesitar em admitir que está totalmente ao alcance de outros impedir tais trocas e destruir inteiramente as vantagens que, de outra forma, resultariam da aplicação da indústria individual ou nacional a produtos peculiares e apropriados¹⁵⁹ (Malthus, 2003 [1815] p. 12)

¹⁵⁸ Como coloca, “In some countries possessed of a small territory, and consisting perhaps chiefly of one or two large cities, it never can be made a question, whether or not they should freely import foreign corn. They exist, in fact, by this importation; and being always, in point of population, inconsiderable, they may, in general, rely upon a pretty regular supply. But whether regular or not, they have no choice. Nature has clearly told them, that if they increase in wealth and power to any extent, it can only be by living upon the raw produce of other countries. It is quite evident that the same alternative is not presented to Great Britain and Ireland, and that the united empire has ample means of increasing in wealth, population, and power, for a very long course of years, without being habitually dependent upon foreign supplies for the means of supporting its inhabitants” (Malthus, 2003, [1815], p.15)

¹⁵⁹ Such a species of commerce in grain shakes the foundations, and alters entirely the data on which the general principles of free trade are established. For what do these principles say? They say, and say most justly, that if every nation were to devote itself particularly to those kinds of industry and produce, to which its soil, climate, situation, capital, and skill, were best suited; and were then freely to exchange these products with each other, it would be the most certain and efficacious mode, not only of advancing the wealth and prosperity of the whole body of the commercial republic with the quickest pace, but of giving to each individual nation of the body the full and perfect use of all its resources. I am very far indeed from meaning to insinuate, that if we cannot have the most perfect freedom of trade, we should have none; or that a great nation must immediately alter its commercial policy, whenever any of the countries with which it deals passes laws inconsistent with the principles of freedom. But I protest most entirely against the doctrine, that we are to pursue our general principles without ever looking to see if they are applicable to the case before us; and that in politics and political economy, we are to go straight forward, as we certainly ought to do in morals, without any reference to the conduct and proceedings of others. There is no person in the least acquainted with political economy, but must be aware that the advantages resulting from the division of labour, as applicable to nations as well as individuals, depend solely and entirely on the power

A relação econômica do livre-mercado não é questionada por Malthus, como se vê, ao colocar “com toda a razão”, mas que dela, ele parte como variável subjacente a eminência geopolítica em um sistema de fluxos contingentes, constantemente ameaçado por contrafluxos, isto é, embargos, bloqueios, tarifas, regulações e toda sorte de barreiras erigidas pelos Estados na busca de autonomia e vantagem. Que não exceção, seriam ubíquas, ao modo de que a maior parte das nações europeias já exerceriam controle sobre as exportações de grãos.

A questão, desde esse limiar, não se versaria de uma escolha entre livre comércio e protecionismo em abstrato, mas entre dois aparelhos específicos de restrições, na necessidade de um sistema que busque tornar a nação quase autossuficiente em anos médios, não menos porque a Grã-Bretanha, diferentemente de pequenos territórios densamente povoados e estruturalmente dependentes das importações, disporia, mesmo, de uma extensão de terras e que, caso as técnicas agrícolas mais avançadas já em uso em algumas regiões fossem amplamente disseminadas, a produtividade poderia ser elevada sem a necessidade de recorrer sistematicamente a grãos estrangeiros. Entretanto, para se atingir esse médio prazo, seria importante a manutenção do protecionismo como motor¹⁶⁰. Sob o efeito de uma inflexão, ele discorre sua opinião em que:

Difícilmente há uma nação na Europa que não exerça ocasionalmente o poder de interromper totalmente, ou tributar pesadamente, suas exportações de grãos, se as proibições não fizerem parte de seu código geral de leis. A questão então diante de nós é evidentemente especial, não geral. Não é uma questão entre as vantagens de um livre comércio e um sistema de restrições; mas entre um sistema específico de restrições formado por nós com o objetivo de nos tornar, em anos médios, quase independentes de suprimentos estrangeiros, e o sistema específico de importações restritas, que sozinho está em nosso poder obter de acordo com as leis existentes da França e no estado real dos outros países do continente. Ao olhar, em primeiro lugar, para os recursos do país, com vistas a um suprimento independente para uma população crescente; e comparando posteriormente as vantagens dos dois sistemas acima mencionados, sem negligenciar suas desvantagens, decidi totalmente quanto ao lado em que está a balança; e sou decididamente de opinião que um sistema de restrições calculado de modo a nos manter, em anos médios, quase independentes do suprimento estrangeiro de trigo, conduzirá mais efetivamente à riqueza e prosperidade do país, e de longe da maior massa dos habitantes, do que a abertura de nossos portos para a livre admissão de milho estrangeiro, no estado atual da Europa¹⁶¹. (Malthus, 2003 [1815] p. 13-14)

of exchanging subsequently the products of labour. And no one can hesitate to allow, that it is completely in the power of others to prevent such exchanges, and to destroy entirely the advantages which would otherwise result from the application of individual or national industry, to peculiar and appropriate product

¹⁶⁰ Ou seja, “In short, if merely the best modes of cultivation, now in use in some parts of Great Britain, were generally extended, and the whole country was brought to a level, in proportion to its natural advantages of soil and situation, by the further accumulation and more equable distribution of capital and skill; the quantity of additional produce would be immense, and would afford the means of subsistence to a very great increase of population” (Malthus, 2003, [1815], p.15)

¹⁶¹ There is hardly a nation in Europe which does not occasionally exercise the power of stopping entirely, or heavily taxing, its exports of grain, if prohibitions do not form part of its general code of laws. The question then before us is evidently a special, not a general one. It is not a question between the advantages of a free trade, and

A preocupação malthusiana, portanto, não se limita a um ceticismo em relação aos benefícios imediatos do barateamento dos cereais, mas repousa sobre uma crítica mais profunda à própria arquitetura do comércio internacional, que, ao invés de estabilizar os preços, introduz um novo patamar de incerteza. Ao caso também do problema não se esgotar na comparação direta entre preços domésticos e preços internacionais, tampouco se resolve com a constatação de que os grãos importados poderiam ser mais baratos em termos médios

Ao invés de suavizar as oscilações naturais da agricultura, o mercado internacional ampliaria suas amplitudes, intensificando os ciclos de abundância e carestia, não apenas como resultado da produção, mas da política que regula os fluxos. A abertura dos portos, nesse sentido, significava também abrir mão de qualquer previsibilidade, pois a oferta passaria a ser moldada por decisões tomadas fora do controle nacional, como as restrições da França às exportações ou os ajustes tributários dos países bálticos, ambos reagindo à conjuntura com medidas que comprometiam o suprimento estrangeiro. A conjuntura de 1792 e 1805 explicitaria isso muito bem:

Durante esse período, o período de nossas maiores importações e de nossa maior dependência de trigo estrangeiro foi de 1792 a 1805 inclusive; e certamente em nenhum quatorze anos de todos os cem as flutuações de preço foram tão grandes. Em 1792, o preço era de 42 xelins por quarto; em 1796, 77s.; em 1801, 118s. um quarto; e, em 1803, 56s. Entre os anos de 1792 e 1801, o aumento foi quase o triplo, e no curto período de 1798 a 1803, subiu de 50 para 118 xelins e caiu novamente para 56 xelins. (...) A essas causas de flutuações temporárias, durante a paz, devem ser adicionadas as flutuações mais duráveis e temporárias ocasionadas pela guerra. Sem referência ao perigo de escassez excessiva de outra combinação contra nós, se formos simplesmente repelidos em certos intervalos distantes com nossos próprios recursos, a experiência dos tempos atuais nos ensinará a não estimar levemente a convulsão que acompanha o retorno e os males de tais alternâncias de preço. Nas Observações, mencionei algumas causas de flutuações que acompanhariam o sistema de restrições; mas eles são, em minha opinião, insignificantes, em comparação com aqueles que acabamos de mencionar. Sobre as classes trabalhadoras, portanto, os efeitos da abertura de nossos portos para a livre importação de trigo estrangeiro serão muito baixos em seus salários e sujeitá-los a flutuações de preço muito maiores. E, nesse estado de coisas, será necessário um aumento muito maior na demanda de trabalho do que em qualquer base racional para esperar compensar ao trabalhador as vantagens

a system of restrictions; but between a specific system of restrictions formed by ourselves for the purpose of rendering us, in average years, nearly independent of foreign supplies, and the specific system of restricted importations, which alone it is in our power to obtain under the existing laws of France, and in the actual state of the other countries of the continent. In looking, in the first place, at the resources of the country, with a view to an independent supply for an increasing population; and comparing subsequently the advantages of the two systems abovementioned, without overlooking their disadvantages, I have fully made up my mind as to the side on which the balance lies; and am decidedly of opinion, that a system of restrictions so calculated as to keep us, in average years, nearly independent of foreign supplies of corn, will more effectually conduce to the wealth and prosperity of the country, and of by far the greatest mass of the inhabitants, than the opening of our ports for the free admission of foreign corn, in the actual state of Europe.

que ele perde nos altos salários nominais do trabalho e no preço mais estável e menos flutuante do trigo¹⁶². (Malthus, 2003, [1815], p. 17-18)

Esse seria o padrão que se repetiria sempre que o sistema internacional fosse tensionado por guerras ou por medidas unilaterais de países exportadores. Há, contudo, um último aspecto da renda da terra que Malthus faz questão de enfatizar. Ao se permitir a importação de trigo, ela seria diminuída, comprometendo, como se desdobra, a base econômica sobre a qual se constrói o poder do Estado.

Embora reconheça que os ganhos fundiários ampliam os lucros dos proprietários, para ele, essa diminuição enfraqueceria a demanda interna e o próprio Estado em sua capacidade de agir, arrecadar, sustentar forças armadas e resistir a choques externos. De tal modo, as importações só seriam vantajosas se compensassem os custos de produção, somado, por outro lado, também a perda dessa renda:

Se supormos que as rendas da terra tomadas em todo o reino sejam um quarto da produção bruta, é evidente que, para comprar o mesmo valor de produtos agrícolas por meio de manufaturas, seria necessário um terço a mais de capital. Cada cinco mil libras gastas na terra, não apenas reembolsa os lucros usuais do estoque, mas gera um valor adicional, que vai para o proprietário. E esse valor adicional não é um mero benefício para um indivíduo em particular, ou conjunto de indivíduos, mas oferece a demanda doméstica mais estável para as manufaturas do país, o fundo mais eficaz para seu apoio financeiro e a maior força disponível para seu exército e marinha. É verdade que as últimas adições à produção agrícola de um país em melhoria não são acompanhadas de uma grande proporção de renda; e é precisamente essa circunstância que pode fazer com que um país rico importe parte de seu trigo, se puder ter certeza de obter um suprimento eqüitativo. Mas, em todos os casos, a importação de trigo estrangeiro deve deixar de responder nacionalmente, se não for muito mais barato do que o trigo que pode ser cultivado em casa, a ponto de igualar tanto os lucros quanto a renda do grão que ele desloca¹⁶³ (Malthus, 2003 [1815], p. 21-22)

¹⁶² During this time, the period of our greatest importations, and of our greatest dependence upon foreign corn, was from 1792 to 1805 inclusive; and certainly in no fourteen years of the whole hundred were the fluctuations of price so great. In 1792 the price was 42s. a quarter; in 1796, 77s.; in 1801, 118s. a quarter; and, in 1803, 56s. Between the year 1792 and 1801 the rise was almost a triple, and in the short period from 1798 to 1803, it rose from 50s. to 118s. and fell again to 56s. (...) To these causes of temporary fluctuations, during peace, should be added the more durable as well as temporary, fluctuations occasioned by war. Without reference to the danger of excessive scarcity from another combination against us, if we are merely driven back at certain distant intervals upon our own resources, the experience of the present times will teach us not to estimate lightly the convulsion which attends the return, and the evils of such alternations of price. In the Observations, I mentioned some causes of fluctuations which would attend the system of restrictions; but they are in my opinion inconsiderable, compared with those which have been just referred to. On the labouring classes, therefore, the effects of opening our ports for the free importation of foreign corn, will be greatly to lower their wages, and to subject them to much greater fluctuations of price. And, in this state of things, it will require a much greater increase in the demand for labour, than there is in any rational ground for expecting, to compensate to the labourer the advantages which he loses in the high money wages of labour, and the steadier and less fluctuating price of corn

¹⁶³ If we suppose the rents of land taken throughout the kingdom to be one fourth of the gross produce, it is evident, that to purchase the same value of raw produce by means of manufactures, would require one third more capital. Every five thousand pounds laid out on the land, not only repays the usual profits of stock, but generates an additional value, which goes to the landlord. And this additional value is not a mere benefit to a particular individual, or set of individuals, but affords the most steady home demand for the manufactures of the country, the most effective fund for its financial support, and the largest disposable force for its army and navy. It is true, that

Este argumento é precisamente o ponto de debate que Ricardo irá contestar em sua análise, propondo um modelo alternativo de compreensão cuja conclusão irá muito pelo contrário.

2.1.3 Terra na Perspectiva Ricardiana

Como já delineado nas páginas anteriores, Malthus insere o comércio no interior de um mecanismo maior, submetido às conveniências dos Estados e à disposição política. Será justamente essa leitura, fundada no vínculo entre produção agrícola, renda fundiária e força do Estado, que leva David Ricardo a intervir no debate poucas semanas depois. Em *An Essay on the Influence of a Low Price of Corn on the Profits of Stock; Shewing the Inexpediency of Restrictions on Importation: With Remarks on Mr. Malthus' Two Last Publications*, ao inscrever o nome e os argumentos de Malthus já no título, Ricardo desloca o eixo da controvérsia da proteção estatal para a própria lógica da produção e da acumulação sob as bases metodológicas.

Isso ocorre por meio do modelo conceitual da renda diferencial e do modelo do grão, nos quais deduz que o encarecimento da subsistência retrai os lucros industriais, restringe o excedente econômico destinado ao investimento e impõe um custo sistêmico à estrutura produtiva, não como um efeito colateral, mas como um mecanismo inerente à manutenção de privilégios fundiários. Essa relação conduz a questão central para além da viabilidade da proteção agrícola, direcionando-a para os efeitos distributivos desse arranjo, identificando a indústria e o comércio como vetores dinâmicos da riqueza nacional, em contraste com a estagnação imposta por uma política que preserva a terra como núcleo da economia sem considerar os custos para o restante da sociedade.

Para Ricardo, Malthus define corretamente que a renda da terra é a parte do valor de toda a produção que resta ao proprietário, depois de pagas todas as despesas pertencentes ao seu cultivo, de qualquer espécie, incluindo os lucros do capital empregado, estimados de acordo com a taxa usual e ordinária dos lucros do capital agrícola no momento. Para além disso, numa economia em expansão, a elevação da demanda por alimentos obriga o cultivo de terras progressivamente menos produtivas, mais distantes dos centros urbanos ou com menor

the last additions to the agricultural produce of an improving country are not attended with a large proportion of rent; and it is precisely this circumstance that may make it answer to a rich country to import some of its corn, if it can be secure of obtaining an equable supply. But in all cases the importation of foreign corn must fail to answer nationally, if it is not so much cheaper than the corn that can be grown at home, as to equal both the profits and the rent of the grain which it displaces

qualidade natural e à medida que são cultivadas, o custo de produção do trigo aumenta, elevando o preço do grão no mercado:

Na terra cultivada pela primeira vez, o retorno seria o mesmo de antes, ou seja, cinquenta por cento ou cem quartos de trigo; mas, sendo os lucros gerais do capital regulados pelos lucros obtidos com o emprego menos lucrativo do capital na agricultura, ocorreria uma divisão dos cem quarters, quarenta e três por cento ou oitenta e seis quarters constituiriam o lucro do capital e sete por cento ou quatorze quarters constituiriam renda. E que tal divisão deve ocorrer é evidente, quando consideramos que o proprietário do capital no valor de duzentos e dez quarters de trigo obteria exatamente o mesmo lucro, quer cultivasse a terra distante, quer pagasse ao primeiro colono quatorze quarters de aluguel. Nesse estágio, os lucros de todo o capital empregado no comércio cairiam para 43%. Se, no progresso posterior da população e da riqueza, a produção de mais terra fosse necessária para obter o mesmo retorno, poderia ser necessário empregar, seja por causa da distância, ou da pior qualidade da terra, o valor de duzentos e vinte quarters de trigo, os lucros do capital cairiam então para trinta e seis por cento ou oitenta em duzentos e vinte, e a renda da primeira terra subiria para vinte e oito quarters de trigo, e na segunda porção de terra cultivada, a renda começaria agora e chegaria a quatorze quarters¹⁶⁴ (Ricardo, 1996 [1815], p. 2-3)

A diferença, a despeito do que se delineia, para Ricardo reside no próprio caráter da renda da terra, que não resulta de um ganho absoluto, mas de uma posição relativa, ou, em seus termos, de um diferencial, onde os proprietários das terras mais férteis, que podem produzir trigo a um custo menor, obtêm mais ganhos pela elevação geral no preço ser determinada pelas terras menos férteis.

O grão, tomado como unidade do modelo, concentra essa lógica, pois expressa em seu preço as pressões da produtividade decrescente, dos custos marginais e das disputas pela apropriação distribuído entre três classes: os lordes da terra, expressão de uma instituição milenar inglesa; os industriais, cuja ascensão depende da acumulação de capital; e a classe trabalhadora, cujo sustento se fundeia nos salários, pressionados pelo custo dos bens de subsistência. Com o custo da produção agrícola subindo, com a proteção tarifária ao grão externo, eleva-se o preço e, com ele, os salários necessários à sobrevivência. Esse encarecimento, ao corroer os lucros dos industriais, restringe a acumulação e freia o

¹⁶⁴ On the land first cultivated, the return would be the same as before, namely, fifty per cent or one hundred quarters of wheat; but, the general profits of stock being regulated by the profits made on the least profitable employment of capital on Ricardo on agriculture, a division of the one hundred quarters would take place, forty-three per cent or eighty-six quarters would constitute the profit of stock, and seven per cent or fourteen, quarters, would constitute rent. And that such a division must take place is evident, when we consider that the owner of the capital of the value of two hundred and ten quarters of wheat would obtain precisely the same profit, whether he cultivated the distant land, or paid the first settler fourteen quarters for rent. In this stage, the profits on, all capital employed in trade would fall to forty-three per cent. If, in the further progress of population and wealth, the produce of more land were required to obtain the same return, it might be necessary to employ, either on account of distance, or the worse quality of land, the value of two hundred and twenty quarters of wheat, the profits of stock would then fall to thirty-six per cent or eighty on two hundred and twenty, and the rent of the first land would rise to twenty-eight quarters of wheat, and on the second portion of land cultivated, rent would now commence, and would amount to fourteen quarters

crescimento econômico, invés de o impulsionar, como prospectava Malthus. Quer seja, gravitar em direção à indústria, pois é nela que reside o futuro da acumulação e do progresso econômico:

Da mesma forma, se o aluguel caísse, o proprietário sofreria duas perdas; ele seria um perdedor daquela porção da produção bruta que constituía sua renda adicional; e, além disso, ele seria um perdedor pela depreciação do valor real ou de troca do produto bruto no qual, ou em cujo valor, sua renda restante seria paga. Como a renda do agricultor é obtida em produtos agrícolas, ou no valor dos produtos agrícolas, ele está interessado, assim como o proprietário da terra, em seu alto valor de troca, mas um baixo preço de produto pode ser compensado a ele por uma grande quantidade adicional. Segue-se, então, que o interesse do proprietário da terra é sempre oposto ao interesse de todas as outras classes da comunidade. Sua situação nunca é tão próspera, como quando a comida é escassa e cara: ao passo que todas as outras pessoas são muito beneficiadas pela aquisição de alimentos baratos. Aluguel alto e lucros baixos, pois invariavelmente se acompanham, nunca devem ser objeto de reclamação, se forem o efeito do curso natural das coisas. Eles são as provas mais inequívocas de riqueza e prosperidade, e de uma população abundante, em comparação com a fertilidade do solo. Os lucros gerais do capital dependem inteiramente dos lucros da última parcela do capital empregado na terra; Se, portanto, os proprietários de terras renunciassem a todas as suas rendas, não aumentariam os lucros gerais do capital nem baixariam o preço do trigo para o consumidor. Não teria outro efeito, como observou o Sr. Malthus, senão permitir que os fazendeiros, cujas terras agora pagam uma renda, vivessem como cavalheiros, e eles teriam que gastar essa parte da receita geral, que agora cabe à parte do proprietário da terra. (...) Se, portanto, os princípios aqui enunciados como governantes da renda e do lucro estiverem corretos, os lucros gerais sobre o capital só podem ser aumentados por uma queda no valor de troca dos alimentos, e essa queda só pode surgir de três causas: 1º. A queda dos salários reais do trabalho, que permitirá ao agricultor trazer um maior excesso de produtos para o mercado. 2 Melhorias na agricultura ou nos implementos da pecuária, que também aumentarão o excesso de produção. 3º. A descoberta de novos mercados, de onde o trigo pode ser importado a um preço mais barato do que pode ser cultivado em casa¹⁶⁵ (Ricardo, 1996, [1815], p. 5-6)

Através dessas relações contraditórias entre proprietários rurais, agricultores (arrendatários) e o resto da sociedade, renda alta, mais lucros baixos são sinais de população crescente (pressão sobre a terra fértil limitada) e mesmo se os proprietários renunciassem à

¹⁶⁵ In like manner, if rent fell, the landlord would suffer two losses; he would be a loser of that portion of the raw produce which constituted his additional rent; and further, he would be a loser by the depreciation in the real or exchangeable value of the raw produce in which, or in the value of which, his remaining rent would be paid. As the revenue of the farmer is realized in raw produce, or in the value of raw produce, he is interested, as well as the landlord, in its high exchangeable value, but a low price of produce may be compensated to him by a great additional quantity. It follows then, that the interest of the landlord is always opposed to the interest of every other class in the community. His situation is never so prosperous, as when food is scarce and dear: whereas, all other persons are greatly benefited by procuring food cheap. High rent and low profits, for they invariably accompany each other, ought never to be the subject of complaint, if they are the effect of the natural course of things. They are the most unequivocal proofs of wealth and prosperity, and of an abundant population, compared with the fertility of the soil. The general profits of stock depend wholly on the profits of the last portion of capital employed on the land; if, therefore, landlords were to relinquish the whole of their rents, they would neither raise the general profits of stock, nor lower the price of corn to the consumer. It would have no other effect, as Mr Malthus has observed, than to enable those farmers, whose lands now pay a rent, to live like gentlemen, and they would have to expend that portion of the general revenue, which now falls to the share of the landlord. (...) If then, the principles here stated as governing rent and profit be correct, general profits on capital, can only be raised by a fall in the exchangeable value of food, and which fall can only arise from three causes: 1st. The fall of the real wages of labour, which shall enable the farmer to bring a greater excess of produce to market. 2d. Improvements in agriculture, or in the implements of husbandry, which shall also increase the excess of produce. 3dly. The discovery of new markets, from whence corn may be imported at a cheaper price than it can be grown for at home.

renda, não reduziria o preço dos alimentos, mas só transferiria riqueza para os agricultores, que viveriam como "cavalheiros". Como sustenta, sob o ímpeto, a única forma de elevar os lucros gerais sobre o capital seria reduzir o valor de troca dos alimentos, o que poderia ocorrer por meio da compressão dos salários reais, do avanço tecnológico na agricultura ou da ampliação das importações de cereais mais baratos.

Por tal encadeamento conclui-se que sendo, na abertura comercial, ao permitir a entrada de grãos estrangeiros a preços inferiores, os custos salariais se reduzem e o excedente se desloca da aristocracia fundiária para o setor industrial, onde poderia impulsionar a acumulação de capital e a expansão da manufatura. Dessa lógica aflora que o acesso a mais grãos, seja por melhorias tecnológicas na agricultura ou importação de grãos mais baratos, é benéfico para a economia, pois reduz o preço dos alimentos, libera recursos para investimentos e retarda a tendência ao estado estacionário onde não há acumulação de capital. Ou seja, “desmonta” a justificativa econômica das Corn Laws, bem como, já contém os germes da teoria da renda diferencial (Cap. II) e do comércio (Cap. VII) no que viria a ser os *Princípios*, um par de anos depois e caminhos para lidar com a “nota sombria” que Wrigley (1988) dispôs.

Mas, se por um lado Ricardo se detém na análise da renda da terra por vê-la como o mecanismo pelo qual a escassez de grãos reordena a distribuição da riqueza social, por outro, ele não deixa de confrontar os fundamentos geopolíticos mobilizados por Malthus. Sustenta que os ganhos estruturais advindos da liberalização comercial superariam, com folga, os riscos conjunturais evocados por seu interlocutor. Seria a própria lógica da interdependência mercantil que tornaria improvável a suspensão abrupta do fornecimento por parte dos países exportadores. A regularidade da demanda inglesa incentivaria o investimento em terras cultiváveis e consolidaria uma dependência estrutural entre produtores e consumidores.

Em face dessa permanência, qualquer esforço de interrupção seria economicamente desastroso, já que o capital fixado na terra não poderia ser redirecionado sem perdas imensas. Além disso, um acúmulo repentino de excedentes levaria à ruína agricultores e comerciantes, corroendo as bases financeiras dos próprios estados exportadores. Isso minaria sua capacidade de sustentação em cenários de guerra ou crise, como demonstrado pelo fracasso da França ao tentar bloquear a exportação de grãos russos, medida que encontrou resistência econômica e recusa da própria população:

Se nos tornássemos um país importador regular, e os estrangeiros pudessem confiar na demanda de nosso mercado, muito mais terra seria cultivada nos condados de milho com vistas à exportação. Quando consideramos o valor do consumo de trigo na Inglaterra, mesmo que algumas semanas de consumo na Inglaterra, nenhuma interrupção poderia ser dada ao comércio de exportação, se o continente nos fornecesse qualquer quantidade considerável de trigo, sem a mais amplamente ruínosa

angústia comercial - angústia que nenhum soberano, ou combinação de soberanos, estaria disposto a infligir ao seu povo; e, se quisesse, seria uma medida à qual provavelmente nenhum povo se submeteria. Foi o esforço de Bonaparte para impedir a exportação dos produtos brutos da Rússia, mais do que qualquer outra causa, que produziu os esforços surpreendentes do povo daquele condado contra a força mais poderosa talvez já reunida para subjugar uma nação. O imenso capital que seria empregado na terra não poderia ser retirado repentinamente e, nessas circunstâncias, sem imensas perdas; além disso, o excesso de trigo em seus mercados, o que afetaria toda a sua oferta e diminuiria seu valor além do cálculo; O fracasso desses retornos, que são essenciais em todas as aventuras comerciais, ocasionaria uma cena de ruína generalizada, que, se um país suportasse pacientemente, o tornaria impróprio para travar uma guerra com qualquer perspectiva de sucesso. Todos nós testemunhamos a angústia neste país, e todos ouvimos falar da angústia ainda maior na Irlanda, devido à queda no preço do trigo, também em um momento em que se reconhece que nossa própria safra tem sido deficiente; quando a importação foi regulada pelo preço e quando não experimentamos nenhum dos efeitos de um excesso. De que natureza teria sido essa angústia se o preço do trigo tivesse caído para meio quarto, ou uma oitava parte do preço atual? Pois os efeitos da abundância ou da escassez, no preço do trigo, são incalculavelmente maiores do que na proporção do aumento ou da deficiência da quantidade. Estes, portanto, são os inconvenientes que os países exportadores teriam de suportar¹⁶⁶ (Ricardo, 1996, [1815], p. 9)

Em sua visão, mesmo Napoleão, no auge das tensões com a Inglaterra, autorizou a exportação de trigo quando os preços ingleses dispararam por conta de colheitas ruins, utilizando licenças especiais, apesar de manter outras formas de comércio bloqueadas. A partir disso, sugere que eventuais crises seriam antecipadas gradualmente, permitindo a adoção de medidas proporcionais e racionais. Por conseguinte, questiona a lógica de restringir permanentemente as importações e comprometer, ano após ano, receitas expressivas, apenas por temor de um cenário de interrupção que julga improvável.

Desse modo, Ricardo insiste que o verdadeiro obstáculo à segurança do abastecimento não está na dependência externa, mas na instabilidade interna das próprias decisões britânicas. Ao imaginar um comércio de trigo desimpedido, sem os vaivéns legislativos que alternam entre

¹⁶⁶ If we became a regularly importing country, and foreigners could confidently rely on the demand of our market, much more land would be cultivated in the corn counties with a view to exportation. When we consider the value of even a few weeks consumption of corn in England, no interruption could be given to the export trade, if the continent supplied us with any considerable quantity of corn, without the most extensively ruinous commercial distress -- distress which no sovereign, or combination of sovereigns, would be willing to inflict on their people; and, if willing, it would be a measure to which probably no people would submit. It was the endeavour of Buonaparte to prevent the exportation of the raw produce of Russia, more than [any] other cause which produced the astonishing efforts of the people of that county against the most powerful force perhaps ever assembled to subjugate a nation. The immense capital which would be employed on the land, could not be withdrawn suddenly, and under such circumstances, without immense loss; besides which, the glut of corn in their markets, which would affect their whole supply, and lower its value beyond calculation; the failure of those returns, which are essential in all commercial adventures, would occasion a scene of wide spreading ruin, which if a country would patiently endure, would render it unfit to wage war with any prospect of success. We have all witnessed the distress in this country, and we have all heard of the still greater distress in Ireland, from a fall in the price of corn, at a time too when it is acknowledged that our own crop has been deficient; when importation has been regulated by price, and when we have not experienced any of the effects of a glut. Of what nature would that distress have been if the price of corn had fallen to a half a quarter, or an eighth part of the present price. For the effects of plenty or scarcity, in the price of corn, are incalculably greater than in proportion to the increase or deficiency of quantity. These then, are the inconveniencies which the exporting countries would have to endure

recompensas, restrições e proibições, projeta um cenário em que os países produtores ajustariam sua produção à demanda britânica, ampliando o cultivo de forma previsível e contínua. Sua crítica a Malthus, nesse ponto, é incisiva, sustenta que este subestima o poder de resposta dos produtores estrangeiros, ignorando que, diante de uma política clara e duradoura de importação, regiões que jamais exportaram para a Inglaterra passariam a fazê-lo, e aquelas que já fornecem, ampliariam seus envios.

Podemos dizer, igualmente, que ao cabo de sua argumentação, Ricardo desenha um mundo marcado em que crescer já não pressupõe a expansão sobre o solo fértil doméstico, mas a reorganização do capital em torno das atividades que melhor convertem energia em excedente. Porque, se até aqui já vínhamos acompanhando sua crítica aos argumentos de Malthus sob a ótica da eficiência econômica e da repartição do excedente, existe um aspecto frequentemente eclipsado pelos debates imediatos sobre preços e rendas: o que significa, de fato, perder capital. Ricardo recusa a ideia de que a perda de capital agrícola, provocada pela abertura às importações, configure um dano irreversível.

Pelo contrário, entende tal deslocamento como parte do próprio dinamismo econômico, um realinhamento que, ao permitir a migração do capital para setores mais produtivos, como a indústria, gera efeitos positivos para a sociedade como um todo:

Em sua última publicação, no entanto, em uma parte dela, ele se debruça com muita ênfase sobre as perdas de capital agrícola, que o país suportaria, permitindo uma importação irrestrita. Ele lamenta a perda daquilo que, pelo curso dos acontecimentos, se tornou inútil para nós, e pelo emprego do qual realmente perdemos. Poderíamos ter sido informados, com a mesma justiça, quando a máquina a vapor, ou a máquina de algodão do Sr. Arkwright, foi levada à perfeição, que seria errado adotar o uso deles, porque o valor do velho maquinário desajeitado seria perdido para nós. Que os fazendeiros das terras mais pobres seriam perdedores, não pode haver dúvida, mas o público ganharia muitas vezes o valor de suas perdas; e, depois que a troca de capital da terra para as manufaturas tivesse sido efetuada, os próprios fazendeiros, bem como todas as outras classes da comunidade, exceto os proprietários de terras, aumentariam consideravelmente seus lucros¹⁶⁷ (Ricardo, 1996, [1815], p. 11)

Para Ricardo, assim, a introdução da produtividade industrial e liberalização comercial estão no mesmo pé, de retirar recursos de áreas improdutivas, especialmente das terras marginais, redirecionando-os para atividades capazes de gerar mais excedente. Os proprietários

¹⁶⁷ In his last publication, however, in one part of it, he dwells with much stress on the losses of agricultural capital, which the country would sustain, by allowing an unrestricted importation. He laments the loss of that which by the course of events has become of no use to us, and by the employment of which we actually lose. We might just as fairly have been told, when the steam-engine, or Mr Arkwright's cotton-machine, was brought to perfection, that it would be wrong to adopt the use of them, because the value of the old clumsy machinery would be lost to us. That the farmers of the poorer lands would be losers, there can be no doubt, but the public would gain many times the amount of their losses; and, after the exchange of capital from land to manufactures had been effected, the farmers themselves, as well as every other class of the community, except the landholders, would very considerably increase their profits.

de terras menos férteis seriam os principais prejudicados, mas os demais setores, incluindo os próprios fazendeiros, uma vez adaptados, beneficiaram-se do aumento da eficiência e da redistribuição do capital para atividades mais lucrativas. No cerne da economia política ricardiana, portanto é válido dizer, e aqui nos colocamos em contraponto deliberado à cosmovisão malthusiana, ambas ainda orbitando sob o legado do pensamento clássico, o crescimento é interrompido pela escassez de recursos naturais, ao caso cereais, e do seu modo de produção, a terra fértil que regula a dinâmica entre renda, lucros e salários.

À medida que a população cresce, terras menos produtivas são cultivadas, elevando o custo marginal do grão. Em contrapartida, quando nos deparamos com um cenário de abundância, seja pela intensificação técnica, pela difusão de inovações ou, como advoga Ricardo, pela abertura ao comércio com terras mais férteis além-mar, reabrir-se-ia o caminho para o dinamismo.

Custos de produção mais baixos permitem a compressão dos salários, o que, por sua vez, amplia as margens de lucro e renova o ciclo de crescimento. A terra, nesse quadro, deixa de ser obstáculo absoluto, desde que estejamos dispostos a considerar que nem toda produtividade precisa ser doméstica. Na cadência, renda deixa de refletir apenas a produtividade local e passa a responder, como modo implícito, o pressupostos de conhecimento fixo sobre extensão e qualidade de recursos e ao cálculo econômico racional de que serão empregados primeiro os recursos que implicam o menor custo de capital de trabalho por unidade de produção:

(...) o homem racional possui um determinado fundo de conhecimento sobre a extensão e as qualidades dos recursos, técnicas produtivas, modos de organização técnica e social e os bens e serviços a serem produzidos. Possuindo também um determinado conjunto de cânones de gosto e um cálculo econômico, o homem se esforça para minimizar o custo de capital de trabalho da produção. Uma vez que, em geral, áreas iguais da superfície da Terra e volumes iguais de sua crosta contêm diferentes variedades dos tipos de propriedades de recursos físicos úteis ao homem, e uma vez que também são diferencialmente acessíveis aos centros populacionais estabelecidos, qualquer ampliação da escala da produção social torna necessário escolher quais dos recursos então não utilizados devem ser colocados em uso. Supondo que a informação necessária esteja disponível e que a escolha seja feita de acordo com um cálculo econômico racional, serão empregados primeiro os recursos que implicam o menor custo de capital de trabalho por unidade de produção. Esses são os pressupostos implícitos da hipótese ricardiana¹⁶⁸ (Barnett; Morse, 1963, p. 140)

¹⁶⁸ The reasoning underlying this hypothesis, which we now propose to examine, warrants restatement: Rational man possesses a given fund of knowledge concerning the extent and qualities of resources, productive techniques, modes of technical and social organization, and the goods and services to be produced. Possessing also a given set of canons of taste and an economic calculus, man endeavors to minimize the labor-capital cost of output. Since, in general, equal areas of the earth's surface and equal volumes of its crust contain different assortments of the kinds of physical resource properties useful to man, and since they are also differentially accessible to the established centers of population, any enlargement of the scale of social output makes it necessary to choose which of the then unutilized resources shall be brought into use. Assuming that the requisite information is available, and that the

Nesse ponto precisamente que essa Parte está interessado, como dissemos, maneira pela qual o sistema se estrutura a partir da premissa de que áreas equivalentes da superfície terrestre e '*volumes iguais de sua crosta contêm diferentes variedades dos tipos de propriedades de recursos físicos*', pois essa assimetria, longe de ser marginal, sustenta, como pressupomos ao final da Parte I, os próprios ganhos em complexidade, na medida em que combustíveis de maior densidade, como o petróleo, tornarem-se progressivamente mais desterritorializados, mais reconfiguram a equação entre autonomia e coerção, deslocando ao poder a incumbência de preservar a continuidade dos fluxos.

Por isso, podemos somar a tal produtividade combinada dos fatores otimizada, por outro lado, o grau de acessibilidade proporcionado pelos meios de transporte, no que se convencionou a chamar de “Paradoxo de Ricardo” e com ele, podemos combinar mais uma vez ao grau de segurança da prática do comércio e uma variável geopolítica, não menos, o ordenador do sistema de comércio.

2.1.3.1 “Paradoxo de Ricardo” e as Inovações Tecnológicas

As Corn Laws foram revogadas em 1846, ainda que de debate que sob a mudança do perfil do lorde terras e o mercado de capitais emergente nos anos 1830¹⁶⁹, ou que, como visto acima, de que terra e capital, estavam diametralmente opostos um ao outro na questão do livre

choice is made in accordance with a rational economic calculus, those resources will be employed first that entail the smallest labor-capital cost per unit of output. These are the implicit assumptions of the Ricardian hypothesis. Our problem is to consider more closely the conditions under which, in a parametrically constrained world of the kind here assumed, this would be the case

¹⁶⁹ Schonhardt-Bailey (1991) argumenta que a revogação das Corn Laws em 1846 não pode ser explicada exclusivamente pelo modelo de Ricardo que opõe terra e capital de forma irreconciliável. Em vez disso, sua análise revela que os proprietários de terras se dividiram entre os que permaneciam vinculados à agricultura - os não diversificados - e aqueles que expandiram seus interesses para setores industriais e financeiros - os diversificados. A industrialização da década de 1830 e a emergência dos mercados de capitais favoreceram a diversificação dos retornos, fazendo com que muitos proprietários de terras abandonassem a defesa ferrenha da proteção agrícola, uma vez que seus lucros passaram a provir de empreendimentos industriais e não mais das rendas agrícolas tradicionais. Os resultados da pesquisa indicam que, à medida que os proprietários diversificaram suas fontes de renda, os benefícios políticos decorrentes da manutenção das tarifas sobre os grãos diminuíram significativamente. Parlamentares de distritos com maior diversificação econômica mostraram-se mais inclinados a apoiar o livre comércio, enquanto os representantes de áreas menos diversificadas permaneciam resistentes à mudança. A tal modo, a diversificação dos interesses econômicos dos eleitores e a transição da renda agrícola para o capital industrial moldaram o cenário político, promovendo uma guinada liberal que reconfigurou as prioridades comerciais da Grã-Bretanha. Ou que, como coloca Braug (1956, p. 43), o sistema ricardiano fundamentava-se na convicção de que a Inglaterra estava destinada a tornar-se "a oficina do mundo", vinculando seu progresso ao desenvolvimento industrial. Contudo, os limites a esse avanço mostravam-se mais políticos do que econômicos em sua natureza, revelando uma fragilidade crucial na escola ricardiana. Quando o livre comércio - pedra angular de seu modelo teórico - não se materializou imediatamente, os discípulos de Ricardo enfrentaram o paradoxo de explicar o vigoroso crescimento econômico das décadas de 1830 e 1840 sob um regime ainda protecionista. Importa observar que o próprio Ricardo, reconhecendo os interesses consolidados no sistema restritivo, advogava não pela abolição imediata das tarifas agrícolas, mas por sua redução gradual ao longo de uma década, complementada por subsídios à exportação como compensação aos proprietários de terras.

comércio. Como dissemos, recusando qualquer contrapartida por progresso técnico. Entretanto, além, a tecnologia, sobretudo aquela voltada à circulação, transformou-se no instrumento por excelência de diluição da escassez. Essa proposição final passou a ser considerada como "paradoxo de Ricardo", no papel de instrumento equalizador da desigualdade entre porções sucessivas de capital, diminuindo a renda fundiária ao nivelar a produtividade entre terras distantes, invés da renda da terra crescer devido à pressão populacional.

A experiência histórica britânica do século XIX pareceu endossar essa perspectiva, até que de forma póstuma: ferrovias transcontinentais, navios a vapor e sistemas elétricos urbanos alargaram a fronteira produtiva e urbana, deslocando a pressão sobre as terras domésticas e transmitindo o aluguel ao exterior. A renda, transportando o argumento, passou a depender não apenas da terra em si, mas da rede que a conecta, e quando essa rede estagna, como nos anos 1870, o aluguel urbano sobe. Como resume Offer (1980, p. 245),

O declínio secular da renda é normalmente visto como resultado da mudança da agricultura, que usa a terra extensivamente, para a manufatura e os serviços, que usam a terra de forma mais produtiva. O aumento dos aluguéis urbanos nos anos setenta pode ser explicado como uma reversão temporária da tendência, devido a uma expansão da construção de casas extensivas durante um período de estagnação econômica. Mas essa visão precisa ser qualificada. Primeiro, embora os aluguéis agrícolas domésticos tenham começado a diminuir nos anos setenta, grande parte do aluguel foi meramente transmitido ao exterior para pagar por alimentos importados. Em segundo lugar, o aumento relativo dos aluguéis de edifícios não foi revertido e não retornou ao seu nível anterior a década de 1870. Como Toynbee apontou, melhores comunicações aumentam a oferta de terras. Por outro lado, uma diminuição no ritmo de inovação e difusão do transporte aumentará os aluguéis, à medida que a população cresce e a terra se torna escassa. As ferrovias começaram a mostrar retornos decrescentes na década de 1870, e a expansão urbana não foi acompanhada por nenhuma melhoria decisiva no transporte urbano. Isso pode ajudar a explicar o aumento dos aluguéis urbanos durante essa década. O efeito oposto pôde ser observado em Londres na década de 1900, quando a população do condado metropolitano e sua renda estagnaram, em grande parte como resultado dos rápidos sistemas de tração elétrica instalados na década eduardiana¹⁷⁰

O que equivale a dizer, assim, na proporção em que os meios de comunicação melhoram, aumentou-se cada vez mais a oferta de terras disponíveis para satisfazer as

¹⁷⁰ The secular decline of rent is normally seen as a result of the shift away from agriculture, which uses land extensively, into manufacturing and services, which use land more productively. The rise of urban rents in the 'seventies can be explained away as a temporary reversal of the trend, owing to an expansion of land-extensive home-building during a spell of economic stagnation. But this view needs to be qualified. First, although domestic farm rents began to decline in the 'seventies, much of the rent was merely transmitted overseas to pay for imported food. Second, the relative increase of building rents was not reversed, and did not return to its pre-87os level. As Toynbee pointed out, improved communications increase the supply of land. Conversely, a decrease in the pace of transport innovation and diffusion will push rents upwards, as population grows and land becomes scarce. Railways began to show diminishing returns in the 1870s, and urban expansion was not accompanied by any decisive improvement in urban transport. This may help to account for the increase in urban rents during that decade. The opposite effect could be observed in London in the 1900, when the population of the metro- politan county and its rent both stagnated, in no small part as a result of the rapid electric traction systems installed in the Edwardian decade

necessidades de um determinado lugar; e à medida que a oferta aumentou em extensão crescente, o preço da terra caiu e outras invenções nos meios de locomoção e o maior uso da eletricidade resultaram em maior difusão da população. Durante a primeira metade do século XIX, enquanto a produtividade agrícola doméstica mal lograva acompanhar o compasso demográfico, a Grã-Bretanha lançava mão dos territórios celtas adjacentes, conformando uma solução intermediária¹⁷¹. Não obstante, seria apenas na segunda metade do século que se observaria a concretização plena desse arranjo, uma vez que os aparatos técnicos e logísticos da revolução industrial permitiram a mobilização intensiva de ecologias distantes e a redistribuição das rendas da terra, antes apenas intuída, tornou-se evidência empírica e com aprofundamento do comércio.

De acordo com Lambert (2021), durante as Guerras Napoleônicas (1793–1815), o Reino Unido supria boa parte de suas necessidades alimentares com produção interna. Contudo, com a urbanização acelerada e o crescimento da população, o trigo importado passou a ocupar papel crescente. Na Guerra da Crimeia (1853–1856), um quarto do grão já vinha de fora. Na Guerra dos Bôeres (1899–1902), esse percentual se aproximava de 80%. Um processo que, nas palavras de Thomas (1985), transformou o país na "oficina do mundo" mediante uma especialização produtiva, cuja abertura possível, tanto material quanto politicamente, não pode ser dissociada das revoluções, que tratamos na parte inicial, de transportes e comercial do sistema atlântico de trocas:

Como esse enxame sem precedentes de pessoas em uma pequena ilha offshore poderia se tornar consistente com um padrão de vida crescente? Era impossível na área fixa de terras cultiváveis inglesas, quaisquer que fossem os milagres que o progresso tecnológico inglês na agricultura pudesse realizar. A saída era a Inglaterra (por meio de uma revolução no transporte e no comércio internacional) se dotar do equivalente a uma vasta extensão de sua própria base terrestre. Por ter sido a primeira a mudar do combustível de madeira para o combustível fossilizado, foi capaz de se tornar a oficina do mundo e trocar os frutos industriais de sua nova tecnologia por alimentos baratos e abundantes de países estrangeiros recém-colonizados. A Grã-Bretanha no século XIX baseou-se fortemente na produção de alimentos de continentes ricos em terras e pagou por isso com produtos manufaturados que incorporavam seu capital, trabalho e experiência técnica relativamente abundantes. Essa troca era, na verdade, o equivalente a uma vasta importação de terras; do ponto de vista da Grã-Bretanha, era o que a economia atlântica do século XIX implicava. Foi na segunda metade do século que a maior parte da colheita da revolução industrial foi colhida, porque levou várias décadas (de 1790 a 1850) para preparar o terreno para a nova economia (máquinas-ferramentas, ferrovias e navios a vapor). A rede mundial possibilitada pelo carvão,

¹⁷¹ Thomas (1985, p. 746) revela um paradoxo histórico alarmante: enquanto a Irlanda funcionava como celeiro forçado da Inglaterra, sustentando seu abastecimento alimentar, a população irlandesa enfrentava deterioração progressiva em suas condições de vida após 1815. O cenário atingiu seu ápice trágico durante a Grande Fome (1846-1849), quando, absurdamente, os portos irlandeses continuaram exportando grãos - ainda que em volume reduzido - enquanto 1,1 a 1,5 milhão de pessoas pereciam de inanição e doenças correlatas, e outro milhão buscava desesperadamente a emigração como única saída. Essa contradição brutal expõe os limites do chamado "milagre agrícola" inglês no período. Na realidade, como demonstra o autor, a Inglaterra recorreu intensivamente - e de forma predatória - aos recursos de seu domínio colonial irlandês como solução paliativa

ferro e aço, a revolução dos transportes, as novas tecnologias, as exportações de capital, a migração internacional e o livre comércio implicou reduzir a agricultura britânica a menos de 5% da renda nacional. Essa divisão de trabalho e especialização, embora altamente lucrativa, acarretava grandes riscos para a Grã-Bretanha e, a longo prazo, estava destinada a ser uma fonte de enriquecimento de curta duração¹⁷² (Thomas, 1985, p. 731)

Caso tomarmos quanto ponto de partida a experiência britânica do século XIX, como retratada por Thomas (1985), e a submetemos à lente do paradoxo formulado por Ricardo, somos levados a uma primeira conclusão: o comércio internacional opera como alavanca de complexidade. Pelo efeito, o que se observa é uma transição de fase. Uma pequena ilha atlântica transforma-se em sistema socioeconômico de alta complexidade, capaz de sustentar níveis inéditos de densidade populacional, urbanização e produção ao importar terras em forma de grãos e exportar energia densificada em máquinas. Nesse gesto, o comércio internacional, ao reduzir os preços dos bens que compõem a cesta de consumo dos trabalhadores, possibilita uma elevação da taxa de lucro, ampliando os excedentes destinados à acumulação de capital. A consequência direta disso é o adiamento do “estado estacionário” da economia, tomando como base o prolongamento da sua capacidade de expansão.

Essa transição de fase implica, por via diversa de raciocínio, uma segunda constatação, que nos afasta da tentação de naturalizar o processo, que como posto, “altamente lucrativa” no curto prazo, conteria em si os germes de sua própria erosão competitiva a longo prazo. Existe uma camada política, conquanto, por força do discurso próprio da Economia Política Clássica, desloque o Estado da linha de frente¹⁷³. Até mesmo o Tratado de Methuen, por exemplo,

¹⁷² How could this unprecedented swarming of people on a small, offshore island be made consistent with a rising standard of living? It was impossible on the fixed area of English cultivable land, whatever miracles English technological progress in agriculture might accomplish. The way out was for England (through a transportation revolution and international trade) to endow itself with the equivalent of a vast extension of its own land base. Because it was the first to switch from wood fuel to fossilized fuel, it was able to become the workshop of the world and exchange the industrial fruits of its new technology for abundant cheap food from newly settled overseas countries. Britain in the nineteenth century drew heavily on the food output of land-rich continents and paid for it with manufactured goods embodying its relatively plentiful capital, labor, and technical expertise. This exchange was in effect the equivalent of a vast importation of land; from Britain's point of view it was what the Atlantic economy of the nineteenth century entailed. It was in the second half of the century that most of the harvest of the industrial revolution was reaped, because it took several decades (from 1790 to 1850) to prepare the ground for the new economy (machine-tools, railroads, and steamships). The world-wide network made possible by coal, iron and steel, the transportation revolution, new technology, capital exports, international migration, and free trade entailed running down British agriculture to less than 5 percent of national income. This division of labor and specialization, although highly profitable, entailed great hazards for Britain and in the long run was destined to be a short-lived source of enrichment.

¹⁷³ Como argumenta Fiori (2000), a relação entre economia e poder estatal foi inicialmente formulada pelos mercantilistas, que conceberam a riqueza como fundamento da força política e atribuíram à moeda um papel estratégico na competição interestatal. Essa perspectiva, expressa por autores como Josiah Child e Francis Bacon teria orientado práticas econômicas até o século XIX e ressoou em estratégias neomercantilistas do século XX. No entanto, a economia política clássica deslocou o Estado para uma posição secundária, restringindo seu papel à arbitragem entre classes e dissociando-o da teoria do valor e da acumulação. Essa tendência se aprofundou com

frequentemente citado como o nascimento prático das ideias ricardianas, não se limitava a uma racionalidade comercial abstrata. Inscrito nas exigências geopolíticas da Guerra de Sucessão Espanhola, ele configurava um instrumento de submissão econômica e alinhamento político, afirmando a centralidade da Inglaterra como parceira comercial, junto a também, como vértice de um sistema hierarquizado¹⁷⁴. A revelia, como vimos, de no debate das Corn Laws, Ricardo desconsiderar as apreensões de Malthus ao reduzi-las a uma supervalorização da política no sistema internacional, sua defesa da interdependência comercial e do modelo de crescimento implicava, na prática, a necessidade de uma estrutura industrial, que por sua vez, a premissa de que os mares continuarão acessíveis ao transporte e que a segurança das rotas será mantida, e isso não é uma condição natural; é resultado do poder marítimo, o que confere propriedades estratégicas ao comércio.

Quer dizer, a economia atlântica, à qual a Grã-Bretanha se ligou não foi o resultado espontâneo de forças de mercado, e uma construção intencional, sustentada por instrumentos políticos e militares. Quão Gallagher e Robinson (1953) argumentam, não há mercado sem um aparato normativo que o institua e o proteja, sobre o que chamam de “*imperialismo de livre-comércio*” ao revisitar a atuação do império britânico no século XIX desafiando a concepção convencional de que o livre-comércio britânico e o imperialismo eram incompatíveis¹⁷⁵. Do

os neoclássicos, que o reduziram a uma variável exógena, e persistiu mesmo na revolução keynesiana, que, apesar de redefinir a teoria econômica, manteve a concepção do Estado como um ente externo, funcional e alheio às dinâmicas de produção e distribuição da riqueza.

¹⁷⁴ O Tratado de Methuen (27 de dezembro de 1703) emergiu como peça-chave num momento crítico da Guerra de Sucessão Espanhola (1701-1714), quando Portugal enfrentava retaliações militares diretas por sua mudança de aliança. A invasão bourbônica de maio de 1704 - liderada por Filipe V, neto de Luís XIV e pretendente ao trono espanhol - representava uma resposta punitiva à ruptura portuguesa com o pacto luso-franco-espanhol de 1701 e sua posterior adesão à Grande Aliança (Inglaterra/Províncias Unidas/Sacro Império). Neste contexto bélico, os três acordos anglo-portugueses de 1703 formavam um pacote estratégico indissociável. Dois tratados político-militares que garantiam proteção britânica contra a ameaça bourbônica e o Tratado de Methuen que criava a contrapartida econômica, estabelecendo o acesso privilegiado dos têxteis ingleses ao mercado português. Como debate Batista (2014, p.100), “Em uma análise que privilegia a continuidade do processo de restauração e reinserção autônoma de Portugal no “jogo de poder” do Sistema Interestatal Europeu, o direito assentido aos têxteis ingleses aparece como uma dentre as já muitas assimetrias econômicas que Inglaterra construiu em relação a Portugal ao longo do século XVII. Certamente, na conjuntura da Guerra de Sucessão Espanhola e na crítica vulnerabilidade lusitana frente aos blocos militares rivais o levantamento das pragmáticas sobre os têxteis ingleses tratou-se de assimetria de relativa pouca importância”. Ou seja, em meio a Guerra de Sucessão Espanhola (1701-1714), ainda que aparentemente menor no contexto das vulnerabilidades militares lusas, mascara a realidade geopolítica de que Portugal aceitava condições desiguais em troca de proteção estratégica. Para Portugal, especializar-se no vinho (bem-salário) significou dependência crônica do mercado inglês, desindustrialização precoce (perda da capacidade têxtil) e subordinação ao sistema comercial britânica. Para a Inglaterra, importar vinho (bem de luxo) permitiu Consolidar Portugal como mercado cativo para seus manufaturados, controlar fluxos comerciais no Atlântico e preservar sua indústria têxtil, base de seu poderio industrial futuro.

¹⁷⁵ enxergando não apenas na perspectiva de mecanismos formais ao seu exercício, mas também pela ótica de uma função política “of this process of integrating new regions into the expanding economy” (Gallagher; Robinson, 1953, p. 05). Assim sendo, a dinâmica do poder imperialista é, portanto, moldada pela interação de diversos fatores, incluindo a expansão econômica e a organização política e social das regiões em questão: “Whether imperialist phenomena show themselves or not, is determined not only by the factors of economic expansion, but equally by

mesmo modo, como lembra Hobsbawm (1968, p. 01) na introdução de “*The Making of Modern English Society*”, a Grã-Bretanha era um ator *sui generis* do capitalismo oitocentista, encarnando de forma inédita e concentrada a tríade poder naval-comércio global-hegemonia industrial, onde seu domínio dos mares estruturou as redes de trocas mundiais, transformando força militar em supremacia econômica sistêmica:

Uma economia mundial inteira foi assim construída sobre, ou melhor, em torno da Grã-Bretanha, e este país, portanto, subiu temporariamente a uma posição de influência e poder global sem paralelo por qualquer estado de seu tamanho relativo antes ou depois, e sem paralelo a qualquer estado no futuro previsível. Houve um momento na história do mundo em que a Grã-Bretanha pode ser descrita, se não formos muito pedantes, como sua única oficina, seu único importador e exportador massivo, seu único portador, seu único imperialista, quase seu único investidor estrangeiro; e por essa razão sua única potência naval e a única que tinha uma política mundial genuína. Grande parte desse monopólio era simplesmente devido à solidão do pioneiro, monarca de todas as pesquisas por causa da ausência de quaisquer outros agrimensores. Quando outros países se industrializaram, ela terminou automaticamente, embora o aparato de transferências econômicas mundiais construído pela Grã-Bretanha e em termos da Grã-Bretanha permanecesse indispensável para o resto do mundo por mais algum tempo¹⁷⁶.

Em suma, detinha os instrumentos materiais e institucionais para fabricar manufaturas e articular o próprio mercado global, condição que, como podemos enxergar, exige mais do que uma economia funcional, mas Estado disposto a subordinar sua política externa a objetivos econômicos em mobilizar seu aparato militar e diplomático para assegurar, nas rotas e nos portos, a continuidade do fluxo. A reboque, se afirmamos que a técnica permite complexidade ao injetar energia no sistema, também devemos reconhecer que essa energia circula por caminhos vigiados, e se o paradoxo de Ricardo mostra como a economia evita o ponto de Repouso da Economia ao absorver o exterior, é porque existe, no fundo, uma arquitetura de poder sustentando essa absorção. Nas próximas seções, é sobre essa arquitetura que nos voltaremos.

the political and social organization of the regions brought into the orbit of the expansive society, and also by the world situation in general” (Gallagher; Robinson, 1953, p. 5).

¹⁷⁶ An entire world economy was thus built on, or rather around, Britain, and this country therefore temporarily rose to a position of global influence and power unparalleled by any state of its relative size before or since, and unlikely to be paralleled by any state in the foreseeable future. There was a moment in the world's history when Britain can be described, if we are not too pedantic, as its only workshop, its only massive importer and exporter, its only carrier, its only imperialist, almost its only foreign investor; and for that reason its only naval power and the only one which had a genuine world policy. Much of this monopoly was simply due to the loneliness of the pioneer, monarch of all he surveys because of the absence of any other surveyors. When other countries industrialized, it ended automatically, though the apparatus of world economic transfers constructed by, and in terms of, Britain, remained indispensable to the rest of the world for a while longer

2.2 PROPRIEDADES ESTRATÉGICA DO COMÉRCIO E O PODER NAVAL

À luz do que desenvolvemos na subseção imediatamente anterior, em que a introdução de tecnologias de transporte mostrou-se responsável por uma diminuição relativa da renda da terra, evidencia-se que, ao ampliar a escala dos fluxos de mercadorias, tais inovações elevaram de maneira significativa a potência dissipada nos circuitos globais. Uma vez que permitiram o escoamento de maiores volumes com maior velocidade e menor custo. Fenômeno que já havíamos apontado na Parte I como definidor da transição para uma economia de alta densidade energética. Antes disso, quando examinamos o debate político em torno das Corn Laws, observamos como a resposta de Ricardo às preocupações estratégicas de Malthus sobre a segurança do fornecimento saía um novo entendimento das trocas internacionais, segundo o qual o monopólio de compra britânico, ao invés de aumentar os riscos, os dispersava por meio de um mercado amplo e integrado. No entanto, como discutimos, uma decisão que transcende a esfera econômica *stricto sensu*, embora apresentada como endógena, ser apoiada sobre uma base de poder exógena, o poder político, condição construída, não natural, de efeitos logístico-militares.

Por outra, o debate de Malthus e Ricardo pode ser lido como caminhos sobre o problema de, ao alcançar certos patamares de densidade energética e de complexidade produtiva, as sociedades industriais precisam romper com os limites naturais de sua base territorial que, em última instância, é também a base energética, para evitar uma forma estacionária, que estável, porém entropicamente degradante porque os conflitos distributivos se agravariam. Se a renda da terra se reconfigurava diante do progresso técnico nos transportes e se os riscos estratégicos das importações eram absorvidos pela lógica da interdependência ampliada, como argumentava Ricardo, cumpre ressaltar que o espaço onde essas transformações operavam não era neutro ou marginal. Pelo contrário, materializava-se nos corredores oceânicos onde o comércio era conduzido e defendido.

Esta concepção continha, implicitamente, um reconhecimento da infraestrutura que sustentava a circulação regular de bens em escala mundial, infraestrutura esta majoritariamente assentada nas rotas marítimas e nos dispositivos logísticos que garantiam sua continuidade. A partir desse ponto, concentramos nossa atenção sobre a forma política e estratégica dessa infraestrutura de trocas, cuja eficácia repousava não apenas sobre o progresso técnico em sentido estrito, mas sobre a constituição de um poder naval capaz de garantir, estabilizar e expandir os fluxos de energia e riqueza que, sob múltiplas formas, dariam corpo ao sistema global em consolidação.

Porque, como se lê, compreender a gênese desse poder naval é um passo necessário para apreender como o controle das rotas marítimas constitui, desde a era do Bronze, uma dimensão estratégica que a noção mahaniana de poder marítimo, formulada já no fim do século XIX, retoma como síntese de uma forma de organização do poder que repousa menos na conquista imediata e mais na regulação dos movimentos da economia. Portanto, considerar esse poder como componente da circulação de energia e de mercadorias consente abranger como determinadas formas de projeção estratégica antecederem e, ao mesmo tempo, orientam a transição energética, dando forma política à expansão da potência.

2.2.1 Força Independente-Dependente

Antes de saltar ao século XX, talvez seja mais óbvio partir da escala menor, que já tocamos, do padrão de ligação entre comércio e força existente desde nascedouro nos primeiros momentos de sociabilidade organizada. Kristiansen (2018) coloca que o processo plurimilenar de integração civilizatória na Era do Bronze que progressivamente articulou os espaços compreendidos entre o Mediterrâneo Oriental e o Extremo Oriente, foi sustentado, por um lado, pelos comerciantes que atuavam como agentes transnacionais, criando redes que transbordavam fronteiras políticas e culturas, tecendo o que se poderia chamar de "primeira globalização". Sua capacidade de adaptação e criação de infraestruturas representava o que o autor denomina uma "força suave independente".

Contudo, essa mesma força suave era estruturalmente dependente do que poderíamos chamar de "endurecimento do poder". Passando a uma explicação mais direta, a capacidade dos Estados de projetar força militar de forma organizada. O desenvolvimento de armas mais eficientes e táticas militares sofisticadas não foi mero acaso paralelo ao desenvolvimento comercial, mas condição necessária para sua existência:

Podemos observar a expansão concomitante do comércio e da civilização desde seus primórdios na Eurásia ocidental, incluindo o norte da Índia, Irã, Mesopotâmia e Egito a partir de 3000 aC, depois de 2000 aC também incluindo a China (...) que por meio de expansões e regressões cíclicas finalmente abrangeu a maior parte do globo por volta de 1500 dC. Embora o comércio tenha desempenhado um papel crucial nessa expansão, também está claro que muitas vezes andou de mãos dadas ou foi precedido por uma expansão colonial de vários tipos. Devemos aqui fazer uma distinção clara entre vários tipos de colonialismo, desde a colonização cultural suave até a colonização demográfica e política/militar. Por trás do processo civilizacional, estamos encontrando também a capacidade de sustentar sistemas políticos e sistemas comerciais vitais para sua manutenção por meio de uma combinação de poder militar e alianças políticas. Como, no entanto, os sistemas de comércio iam muito além dos poderes dos estados individuais, e até mesmo além das alianças políticas entre os estados, os comerciantes operavam dentro e fora dessas fronteiras. Ligaram políticas diferentes, utilizando as infra-estruturas existentes e criando novas infra-estruturas quando necessário. Eles representavam uma força suave independente, mas dependente. No entanto, isso dependia de outra força, a do poder militar. O uso

organizado da força e a invenção de armas modernas, como espadas, lanças e armaduras protetoras para apoiá-la, tem sua origem na Idade do Bronze. Isso não é coincidência e explica de alguma forma não apenas a ascensão do Estado e da civilização, mas também a capacidade de apoiar e proteger o comércio de longa distância¹⁷⁷. (Kristiansen, 2018, p. 18)

Como se observa, essa formulação que atravessa a Antiguidade e remonta à Era do Bronze apresenta com clareza uma relação que interessa diretamente ao nosso argumento: a articulação entre comércio e força não operava como simbiose voluntária ou simples coabitação histórica, mas como uma relação de dependência estrutural e hierarquizada entre variáveis de natureza distinta. Nesse caso, o comércio brota como variável dependente, cujas possibilidades de ampliação e continuidade repousam sobre a variável independente da força militar organizada, que, por sua vez, não é derivada da circulação comercial, mas a precede e a condiciona. Significa contar que o comércio de longa distância, embora opere além das fronteiras estatais, continuamente pendeu, em última instância, da capacidade coercitiva dos poderes estabelecidos para proteger rotas, garantir contratos e disciplinar disputas. A guerra no mar, deste modo, não seria um fenômeno do comércio, vale enfatizar, estrutural de sua própria evolução, porque seria ela que ancora as dinâmicas materiais que sustentam os estados em sua expansão além das margens continentais.

Essa lógica entre força e circulação, por sua vez, não se dissolveu nos séculos seguintes, mas foi transmutada pela Revolução dos Transportes, pelas revoluções navais e pela ascensão de potências cuja superioridade derivaria de sua capacidade de sustentar, com poder naval, um comércio planetário. Mantendo-se em curso que a globalização moderna, baseada em carvão e ferro, seja uma novidade material e energética, sua lógica estratégica se baseia em formas mais antigas de interdependência, nas quais o comércio de longa distância foi uma conquista histórica tornada possível pela institucionalização da força e pela espacialização do poder. Tal constatação reforça a tese de que o sistema energético global não apenas opera sobre uma base

¹⁷⁷ We can observe the concomitant expansion of trade and civilization from their early beginnings in western Eurasia, including northern India, Iran, Mesopotamia, and Egypt from 3000 BC, after 2000 BC also including China (...) which through cyclical expansions and regressions finally encompassed most of the globe around AD 1500. While trade played a crucial role in this expansion, it is also clear that it often went hand in hand with, or was preceded by, colonial expansion of various types. We should here make a clear distinction between various types of colonialism, from soft cultural colonization to demographic and political/ military colonization (Gosden 2004: Table 3.1). Behind the civilizational process we are thus encountering also the capacity to sustain political systems and trade systems vital for its maintenance through a combination of military power, and political alliances. Since, however, trade systems ranged far beyond the powers of individual states, and even beyond the political alliances between states, traders operated both inside and outside such boundaries. They linked different polities by employing existing infrastructures and setting up new infrastructures where needed. They represented an independent yet dependent soft force. However, this relied upon another force, that of military power. The organized use of force, and the invention of modern weapons, such as swords, lances, and protective armor to support it, has its origin in the Bronze Age. This is no coincidence and goes some way to explain not only the rise of the state and civilization, but also the capacity to support and protect long distance trade.

física de fluxos, para explicitar, sobre um regime de poder que estabiliza sua continuidade, sendo o poder naval, desde suas origens, expressão por excelência desse regime. O Império Britânico é o síntese desse processo.

Quase um século após o debate de Malthus e Ricardo, se na lógica ricardiana a relação entre comércio e poder naval ainda estava implícita, essa conexão se tornava cada vez mais explícita e nos próprios desdobramentos institucionais da política britânica. O primeiro-ministro Arthur James Balfour, ao admitir em 1903 que a geografia impunha à Grã-Bretanha uma dependência estrutural do comércio exterior, reconhecia de forma inequívoca aquilo que Ricardo tomara como pressuposto, quer dizer, a prosperidade britânica era inseparável da garantia de acesso irrestrito aos mercados globais¹⁷⁸. Voltando nos anais do jornal *Time* e seus editoriais, Lambert (2021) e Buckley (2009), tal discurso, calcado em uma “*nação insular de recursos naturais limitados*” e que “*sempre dependeria do comércio exterior*”, mas que estava bem “*segurada*” contra a ameaça de interferência estrangeira em suas linhas de abastecimento oceânicas porque a Marinha Real possuía uma frota maior do que a França e a Rússia juntas.

A Comissão nomeada por Balfour para examinar a vulnerabilidade britânica em tempos de guerra confirmou essa premissa em seu relatório de 1905. A conclusão foi de que a Grã-Bretanha mantinha estoques internos de trigo suficientes para sete a dezessete semanas de consumo, enquanto um adicional de três a sete semanas repousava nos porões de navios mercantes a caminho da ilha. Em qualquer momento, pelo menos um quinto desse suprimento flutuante estava a uma semana de distância dos portos britânicos. No rastro da pulverização geográfica dos fornecedores, abarcando regiões como o Cone Sul, o Leste Europeu e a América do Norte, tornava a empreitada de um bloqueador exponencialmente mais árdua¹⁷⁹.

Ademais, qualquer incursão direta contra embarcações de regiões neutras convocaria forças militares regionais que, em outras circunstâncias, manter-se-iam à margem do embate. Essas regiões, dotadas de aparatos defensivos autônomos, poderiam replicar a agressões,

¹⁷⁸ Como Lambert (2021) destaca, "Sobre esse fato fundamental você deve trabalhar, extraindo o máximo de suas vantagens e evitando os perigos evidentes". Ao fazer essa reflexão de caráter estoico, o primeiro-ministro assegurou ao público que a nação estava amplamente protegida contra a ameaça de interferência estrangeira em suas rotas de abastecimento marítimo. Ele ressaltou que a Marinha Real possuía uma frota superior à combinada da França e da Rússia. Por outro lado, Buckley (2009), ao retomar a publicação no *Times*, alertou: “Dependemos de nações estrangeiras para a maior parte de nosso suprimento de alimentos. Dependemos, como a delegação não mencionou, mas como todos sabem, não apenas de grãos, mas também das matérias-primas essenciais para nossa indústria. Não é exagero afirmar que, se imaginarmos este país completamente excluído do comércio internacional por um breve período, nossa existência nacional, nossa supremacia comercial e até os meios de subsistência de nossa população estariam em risco” (Food supply in time of war: Speech by Mr. Balfour, *Times*, 6 mar. 1903, p. 10).

¹⁷⁹ Como Buckley (2009) ressalta, a globalização do mercado de grãos tornou ainda mais complexa a tarefa de uma marinha bloqueadora. A Grã-Bretanha importava seu trigo de uma gama cada vez maior de países, incluindo Argentina, Rússia e Estados Unidos

agravar os riscos estratégicos e complicar sobremaneira a posição do bloqueador. O impacto, transposto ao léxico, em caso de conflito seria nos preços que sofreriam com oscilações abruptas no curto prazo, alimentadas menos por uma carência material e mais pelo pânico especulativo dos consumidores. Isto se traduz em que a elasticidade do consumo e a flexibilidade dos preços gradativamente amorteceriam esses impactos inicial.

Em suma, chegou-se à conclusão de que, como destacado por Buckley (2009) com base no relatório *“Food supply in time of war: Report of royal Commission”* (Times, 9 ago. 1905, p. 9), de *“ser impossível para qualquer força naval, sob qualquer combinação possível contra nós, impedir totalmente a importação de nossos suprimentos, ao passo que qualquer aumento nos preços serviria como um estímulo considerável para que navios estrangeiros assumissem os riscos necessários”*¹⁸⁰. À guisa, para cada carga de trigo em trânsito, capaz de suprir semanas de consumo, depende menos da variação dos preços do que da previsibilidade da rota, porque se revolve no curto prazo, mas no longo prazo apenas sob uma condição implícita de que haverá passagem após as semanas. Neste ponto, por trás do aparente automatismo dos mercados, que começamos a entrever aquilo que os sustenta, pois, convergente, em última instância, seria a força que vigia os mares que permite à lógica mercantil se manter coerente, assegurando que qualquer pressão sobre os preços se dilua ao longo do tempo.

Nesse argumento, a economia britânica convergiu para a globalização, e, por extensão, comércio e guerra passaram a se conduzir de forma interdependente. Portanto, mais vulnerabilidades, tornando inevitável o engajamento estatal, como bem sintetiza Lambert (2021, p. 79):

No final do século XIX, a economia global dependia cada vez mais do mar de maneiras que não eram totalmente óbvias. Enquanto as comunicações marítimas - tradicionalmente alvo de pressão naval - já foram limitadas a navios mercantes que transportavam mercadorias e cartas, no final do século elas também abrangiam a indústria de serviços financeiros internacionais em rede construída sobre a rede global de comunicações por cabos submarinos. O comércio internacional dependia tanto de crédito e cabos quanto de navios mercantes. Em certo sentido, as comunicações marítimas agora consistiam em dois fluxos paralelos: o físico (mercadorias transportadas por navios nos mares) e o virtual (informações transacionais transportadas por cabos sob os mares). Do ponto de vista estratégico, essa definição expandida de comunicações significou uma série de novas vulnerabilidades e oportunidades. Portanto, não é surpreendente que o Almirantado tenha demonstrado interesse na transformação da economia global provocada pela globalização; na verdade, teria sido surpreendente se não tivesse¹⁸¹

¹⁸⁰ No original, “We believe it to be beyond the power of any naval force which would be at the disposal of any possible combination against us altogether to prevent the importation of our supplies, while any increase in price would be a considerable stimulus to induce shippers abroad to run the necessary risks.”

¹⁸¹ By the end of the nineteenth century, the global economy increasingly depended on the sea in ways that were not entirely obvious.¹⁹ Whereas sea communications—traditionally the target of naval pressure—had once been limited to merchant ships carrying goods and letters, by the end of the century they also encompassed the

O poder naval britânico operou com uma causalidade circular que a prosperidade procedente das trocas financiava a construção e manutenção de arsenais flutuantes, ao passo que esses mesmos arsenais, por sua presença constante e dissuasiva, protegiam os circuitos de trocas que sustentavam a abundância inicial. Convém observar, posto isso, que esse poder naval não foi consequência da mudança energética, tampouco simples reflexo da industrialização, esteve ele presente de forma anterior a ela e sobreviveu ao seu auge, permanecendo como variável estratégica mesmo após transformações profundas na base produtiva. Justamente por anteceder a transição energética e, ao mesmo tempo, potencializá-la, acompanhou a mudança e funcionou como força tratora, direcionando e expandindo os fluxos comerciais de onde emergiria a própria riqueza industrial.

Essa centralidade sobrepõe um dado essencial à análise que desenvolvemos: a transição energética, ao expandir materialmente a produção e a circulação, exigia uma estrutura institucional e espacial que a precedesse e a estabilizasse, sendo a supremacia naval britânica o dispositivo por excelência dessa estabilização. Nesse sentido, mais do que apenas mostrar a configuração e os efeitos desse poder naval, cabe agora, antes de avançarmos para sua sistematização doutrinária com Mahan, voltar ao olhar para a gênese desse poder. Tal retorno é necessário não apenas para compreender sua eficácia operacional, mas sobretudo para reinscrevê-lo nas condições energéticas e geopolíticas que o tornaram possível, como a limitação estrutural de madeira na ilha britânica, conforme vimos na Parte I, e a própria rivalidade intereuropeia desde o século XVI, que imprimiu uma orientação estratégica duradoura à política naval do Reino Unido.

2.2.2 Poder Naval Britânico

Como colocado no início da seção, as conclusões da comissão nomeada por Balfour em 1905 não apenas confirmaram a dependência estrutural britânica ao comércio, no avesso, também escancararam a lógica sistêmica de sua sustentação, que se expressava numa combinação entre dispersão geográfica de fornecedores, tempo logístico mensurável e proteção armada das rotas. Desse modo, o que parecia inicialmente um fenômeno de mercado, guiado por preços e prêmios de risco, revelava-se condicionado por uma variável estratégica anterior,

networked international financial services industry built upon the global undersea cable communications grid. International trade depended as much on credit and cables as it did upon merchant ships. In a sense, sea communications now consisted of two parallel flows: the physical (goods carried by ships on the seas) and the virtual (transactional information carried by cables under the seas). From the strategic viewpoint, this expanded definition of communications meant an array of new vulnerabilities and opportunities. It is therefore hardly surprising that the Admiralty displayed interest in the transformation of the global economy wrought by globalization; indeed, it would have been astonishing if it had not

isto é, pela permanência da supremacia naval. Nesse arranjo, o poder marítimo britânico tornava-se o mediador entre a fluidez comercial e a estabilidade política do sistema energético global, funcionando como instância de regulação espacial da potência dissipada. O que se consolidava, então, era uma forma ampliada de controle, capaz de conectar o plano físico das mercadorias transportadas ao plano abstrato das comunicações financeiras, articulando a força material dos arsenais à arquitetura invisível dos cabos submarinos, ambos elementos necessários à continuidade do sistema global.

Seja como for, no século XIX, o símbolo máximo de confiabilidade e estabilidade na linguagem cotidiana inglesa estivesse materializado na expressão “*copper-bottomed*”, termo que remetia diretamente aos navios da Marinha Real revestidos com chapas de cobre, cuja durabilidade e resistência à corrosão os tornavam caução de sucesso logístico e operacional¹⁸². A metáfora, longe de ser meramente linguística, exprime uma realidade de fundo: o poder naval britânico não se afirmava apenas pela tonelagem ou pelo número de embarcações, mas pela sofisticação material e pela base técnico-industrial que sustentava sua presença global. Como lembra Rodger (2006), no auge das Guerras Napoleônicas, essa marinha reunia cerca de 150 mil homens, distribuídos entre 150 navios de linha e mais de 180 cruzadores, operando numa malha oceânica que ia do Atlântico às Índias, garantindo, com isso, o controle das rotas comerciais. O dado estatístico que acompanha esse período indica essa inflexão de maior amplitude, disposto no gráfico 12 abaixo: a Inglaterra, que partia de um comércio per capita inferior ao ibérico em 1500, supera seus rivais no intervalo de dois séculos, atingindo £2,73 por habitante em 1800, contra £0,65 de Portugal e Espanha no século anterior e superando tanto a França quanto a já declinante Holanda.

¹⁸² Como observa Rodger (2006), no que denomina de operações em “águas distantes” entre 1780 e 1783, o sucesso britânico dependia de fatores que iam além da disposição estratégica e do comando naval. Durante a travessia atlântica do esquadrão comandado por Sir George Rodney, que partiu de Portsmouth no final de 1779 com destino ao alívio de Gibraltar e posteriormente às Índias Ocidentais, a captura da esquadra espanhola de Don Juan de Lángara na “Batalha ao Luar” foi facilitada pela inovação técnico-material do revestimento de cobre no casco dos navios. A introdução do cobre, após décadas de experimentação e problemas técnicos relacionados à corrosão do ferro estrutural, foi finalmente sistematizada sob a supervisão de Charles Middleton, que implementou o uso de papel envernizado entre o casco e a lâmina metálica, permitindo o isolamento necessário para conter a ação eletrolítica. A partir de 1780, os navios recém-cobreados passaram a integrar a esquadra real, alterando as possibilidades de resistência estrutural ao ataque de organismos marinhos somando ao desempenho náutico em termos de velocidade e autonomia. Em águas tropicais, onde o crescimento de algas e cracas era mais acelerado e os recursos de manutenção mais escassos, a vantagem tática se multiplicava. A velocidade adicional estimada de ao menos um nó, em navios que raramente ultrapassavam seis, permitia converter antigas embarcações lentas em unidades capazes de conduzir perseguições ou evitar o confronto conforme o cenário exigisse. Segundo o próprio Rodney, os navios com fundo de cobre eram indispensáveis para forçar o inimigo ao combate, e essa constatação foi confirmada com desalento por oficiais franceses, que não conseguiram igualar o desempenho britânico nos mares das Antilhas.

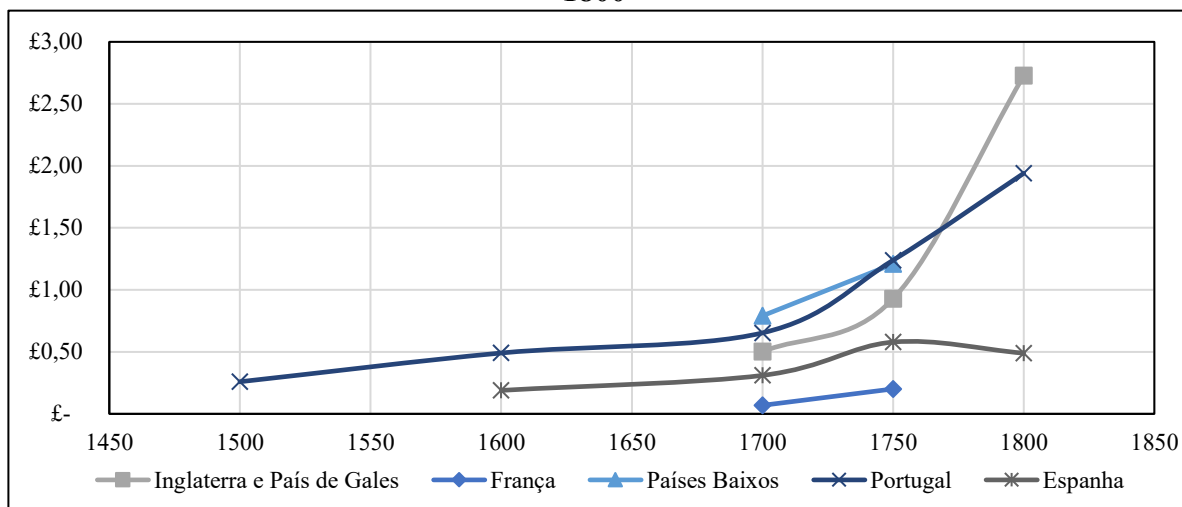
Também é oportuno assegurar que Bunker e Ciccantell (2005) interpretam esse processo à luz da capacidade de transporte em volume, apartando que, enquanto ibéricos se dedicavam ao transporte de artigos de alto valor, seja ouro, prata, índigo, açúcar, os holandeses ocuparam-se da circulação de produtos básicos e baratos, consolidando uma hegemonia logística sustentada pelo barateamento dos insumos agrícolas e madeireiros após a Peste Negra¹⁸³. Daí, sem acesso barato, a navegação britânica encontrava-se subordinada ao comércio holandês, impossibilitada de competir em termos estritamente mercantis. Como resposta, Londres incorporou suas colônias norte-americanas ao esforço naval, extraíndo recursos florestais em volumes colossais para superar sua limitação estrutural¹⁸⁴ e, pela Revolução Gloriosa, assimilou dos holandeses a arquitetura financeira que sustentou essa supremacia, já que o modelo de dívida pública estruturado pelos Orange ministrou o lastro para a expansão da Royal Navy¹⁸⁵.

¹⁸³ Como colocam, “Changes in climate and demographic changes resulting from the Black Death coincided with agricultural innovations such as three-crop rotations and the moldboard plow to increase the volume and scale of grain agriculture and to extend it farther north than had previously been possible” (Bunker e Ciccantell, 2005, p. 102)

¹⁸⁴ Conforme Bunker e Ciccantell (2005, p. 136), o modelo de interação tecnológica e econômica entre a Grã-Bretanha e os Estados Unidos foi delineado por ciclos entrelaçados de inovações recíprocas. Os norte-americanos apropriaram-se das inovações tecnológicas britânicas, adaptando-as às escalas monumentais possibilitadas pela vastidão territorial e pela profusão de recursos materiais do continente americano. Essas adaptações catalisaram a ampliação e intensificação da extração, transporte e comercialização de insumos primários, servindo tanto ao desenvolvimento industrial interno quanto às demandas da Grã-Bretanha, então em plena aceleração industrial. Em contrapartida, a diversificação e o aumento sustentado do fornecimento de matérias-primas permitiram aos britânicos engendrar novas inovações tecnológicas, políticas e financeiras, que os norte-americanos, por sua vez, reelaboraram e expandiram, ajustando-as às suas próprias especificidades materiais e espaciais. Esse processo simbiótico de retroalimentação tecnológica e econômica constituiu um pilar fundamental para a consolidação industrial de ambas as nações.

¹⁸⁵ Como traz a análise de Oliveira (2020), entre 1652 e 1714, a Inglaterra, e posteriormente o Reino Unido, participou de nove guerras europeias, obtendo resultados majoritariamente favoráveis e acumulando vastas conquistas territoriais. Mas a alocação de grandes recursos na frota naval e infraestrutura só foi possível por um consenso nacional e arranjo institucional que proporcionava ganhos mútuos. Com o Bank of England e a dívida pública moderna, a elite comercial financiava o Estado em troca de rendimentos dos juros. O Estado investia na defesa, Royal Navy e exército, protegendo contra invasões, piratas e conquistando territórios para exploração econômica. A elite pagava tributos, criando um ciclo interligado de guerra, dívida pública, burocracia tributária e elite comercial. A Royal Navy precisava ser a maior e melhor, dominar ciências e táticas navais avançadas, e manter marinheiros bem-preparados. O progresso técnico, orientado pelo Estado britânico, mantinha a Royal Navy à frente, e contratos governamentais fortaleciam a indústria interna e sua competitividade externa.

Gráfico 12 - Comércio intercontinental, em £ per capita a preços constantes de 1700 a 1800



Fonte: Elaboração própria com dados de Costa, Palma e Reis (2015)

Dito de outro modo, os primeiros não teriam acumulado a infraestrutura produtiva necessária para otimizar a extração e a conversão de matéria-prima em embarcações, ao passo os segundos, com abundante à madeira a custos reduzidos refletiu-se na produção em larga escala de embarcações e na compressão dos custos operacionais, viabilizando investimentos em mais infraestrutura, como novas serrarias movidas a vento, docas, guindastes, que sustentaram a capacidade expansiva do comércio. Entretanto, a virada inglesa não se explica apenas pela extensão do império, à revelia disso, pela sofisticação logística adquirida em resposta à escassez de recursos básicos à construção naval, em especial, a madeira.

A necessidade de grãos para alimentar a força de trabalho empregada na manufatura de armamentos e na edificação de frotas levou à conversão de vastas áreas florestais em terras agrícolas, comprometendo a regeneração dos estoques arbóreos e ampliando a vulnerabilidade britânica à escassez de recursos estratégicos. A precariedade das fontes locais de insumos tornou inevitável a busca por alternativas no comércio transoceânico, e a ausência de estaleiros suficientemente produtivos para suprir essa demanda levou os britânicos a importarem embarcações de suas colônias ou a capturá-las de potências rivais, aprofundando rivalidades comerciais e tensões geopolíticas, levando, por isso, a necessidade de mais construção naval:

O desenvolvimento mercantil dinâmico da Grã-Bretanha foi a fonte e o resultado do problema da madeira lá. A escassez nacional de madeira impulsionou o comércio, e o comércio impulsionou grande parte da produção – mas grande parte dessa produção foi impulsionada pela demanda militar e não comercial. O comércio do Tâmesa impulsionou a incorporação maciça de matérias-primas no ambiente construído de Londres; grande parte desse material foi importado. Como a madeira era muito mais cara para importar para a Grã-Bretanha do que para a Holanda, a construção naval e a navegação britânicas – já impedidas pelos altos custos das matérias-primas – não podiam competir. O desenvolvimento econômico britânico foi ainda mais prejudicado pelo sucesso comercial e manufatureiro holandês, porque a manufatura e o comércio

britânicos eram menos competitivos nos mercados europeu, americano e outros¹⁸⁶
(Bunker; Ciccantell, 2005, p.124)

Ao ver suas florestas disputadas entre a produção de lenha para aquecimento e a necessidade de madeira para embarcações tracionou a transição energética para o carvão e, de certa forma, a antecipou, pois, a necessidade crescente de navios para proteger rotas comerciais e projetar poder incentivou a busca por fontes energéticas que não competissem com a construção naval. Bem como, já após a transição energética, se três séculos antes a geopolítica europeia podia ser explicada ao problema da madeira, ou melhor, da energia e a baixa densidade de potência da Ilha Britânica, nos dois depois, essa lógica pode ser aplicada ao aço. Na ausência de fontes locais suficientes de carvão e minério de ferro, as nações dependem cada vez mais do comércio transoceânico.

Como destaca Hobsbawm (1968, p. 33-34), a agressividade sistemática da Grã-Bretanha resultou em um monopólio virtual das colônias ultramarinas e esse domínio foi sustentado por uma economia de guerra que impulsionou as exportações e a inovação tecnológica, com a marinha britânica demandando quantidades crescentes de ferro e armamentos. A tonelagem naval triplicou entre 1685 e 1760, alimentando indústrias como a siderurgia e consolidando a Grã-Bretanha como uma potência comercial e industrial

ao contrário de todos os seus outros rivais, a política britânica no século XVIII era de agressividade sistemática - mais obviamente contra o principal rival, a França. Das cinco grandes guerras do período, a Grã-Bretanha estava claramente na defensiva apenas em uma. O resultado deste século de guerra intermitente foi o maior triunfo já alcançado por qualquer estado: o monopólio virtual entre as potências européias das colônias ultramarinas e o monopólio virtual do poder naval mundial. Além disso, a própria guerra - ao paralisar os principais concorrentes da Grã-Bretanha na Europa - tendia a aumentar as exportações; A paz, se alguma coisa, tendia a atrasá-los. Além disso, a guerra - e especialmente aquela organização muito comercial e de classe média, a marinha britânica - contribuiu ainda mais diretamente para a inovação tecnológica e a indústria. Suas demandas não eram desprezíveis: a tonelagem da marinha se multiplicou de cerca de 100.000 em 1685 para cerca de 325.000 em 1760, e sua demanda por armas cresceu substancialmente, embora de maneira menos dramática. A guerra era certamente o maior consumidor de ferro, e as empresas Uke Wilkinson, Walkers e Carron Works deviam o tamanho de seus empreendimentos em parte a contratos governamentais de canhão, enquanto a indústria de ferro de Gales do Sul dependia da batalha¹⁸⁷ (Hobsbawm, 1968, p. 33-34)

¹⁸⁶ The dynamic mercantile development of Britain was very much the source and the result of the timber problem there. The national shortage of timber drove trade, and trade drove much of production—but much of this production was driven by military rather than commercial demand. Thames-borne trade drove the massive incorporation of raw materials into the built environment of London; much of this material was itself imported. Because timber was so much more expensive to import into Britain than into Holland, British shipbuilding and shipping—already impeded by high raw material costs—could not compete. British economic development was further hampered by Dutch commercial and manufacturing success, because British manufacture and trade were less competitive in European, American, and other markets.

¹⁸⁷ This tussle between industry and commerce (represented most dramatically by the East India Company) was decided in the home market by 1700, when British producers won protection against Indian textile imports; it was

Nessa senda, projetou sua segurança e prosperidade econômica através da integração das “economias de fronteira” da América e da Ásia, cujo papel era, desde o início, fornecer excedentes agrícolas e matérias-primas capazes de sustentar o crescimento urbano e industrial. Remetendo a, reduzindo ao essencial, Grã-Bretanha, com sua Marinha Real, utilizava essa força para garantir que novos mercados fossem acessíveis e que as economias de fronteira da América e da Ásia pudessem se integrar a esse sistema global. As economias de fronteira, destarte, como apontam Findlay e O’Rourke (2007, p. 410), estavam integradas à abertura dos mercados europeus e à proteção militar das rotas comerciais, as quais permitiam que a dinâmica global do comércio fosse sustentada:

Esse processo de crescimento extensivo nas economias de fronteira, alimentado por uma expansão nos insumos de terra, trabalho e capital, dependia em grande parte de mercados europeus abertos, uma vez que os investimentos em infraestrutura de transporte e extensão de fronteira eram voltados para abastecer a Europa com produtos agrícolas: não apenas grãos, mas também carne, lã e laticínios. As exportações do Novo Mundo do século XVIII também consistiam em produção agrícola, mas as mercadorias envolvidas eram, em sua maioria, bens de clima quente que não podiam ser facilmente produzidos na Europa. As exportações do final do século XIX do Novo Mundo, por outro lado, envolviam em grande parte produtos agrícolas da zona temperada, que competiam diretamente com as safras europeias e, portanto, como vimos, eram potencialmente ameaçadas por sanções comerciais. Nesse contexto, o fato de o maior mercado europeu, a Grã-Bretanha, ter sido mantido aberto ao longo do final do século XIX (e de sua Marinha manter o alto mar livre para o comércio internacional) desempenhou um papel crítico na manutenção do funcionamento do sistema internacional¹⁸⁸.

not won in the foreign market until 1813, when the East India Company was deprived of its monopoly in India, and that subcontinent opened to deindustrialization and the massive import of Lancashire cottons. Lastly, unlike all its other rivals, British policy in the eighteenth century was one of systematic aggressiveness - most obviously against the chief rival, France. Of the five great wars of the period, Britain was clearly on the defensive only in one. The result of this century of intermittent warfare was the greatest triumph ever achieved by any state: the virtual monopoly among European powers of overseas colonies, and the virtual monopoly of world-wide naval power. Moreover, war itself - by crippling Britain's major competitors in Europe - tended to boost exports; peace, if anything, tended to slow them up. Furthermore, war - and especially that very commercially-minded and middle-class organization, the British navy - contributed even more directly to technological innovation and industrialization. Its demands were not negligible: the tonnage of the navy multiplied from about 100,000 in 1685 to about 325,000 in 1760, and its demand for guns grew substantially, though in a less dramatic manner. War was pretty certainly the greatest consumer of iron, and firms like Wilkinson, the Walkers, and the Carron Works, owed the size of their undertakings partly to government contracts for cannon, while the South Wales iron industry depended on battle. More generally, government contracts, or those of vast quasi-government bodies like the East India Company, came in large blocks and had to be filled on time.

¹⁸⁸ This process of extensive growth in the frontier economies, fueled by an expansion in the inputs of land, labor, and capital, relied to a large extent on open European markets, since investments in transport infrastructure and frontier extension were geared toward supplying Europe with agricultural products: not just grain, but meat, wool, and dairy products as well. Eighteenth-century New World exports had also consisted of agricultural output, but the commodities involved were for the most part warm-climate goods that could not easily be produced in Europe. The New World's late-nineteenth-century exports, by contrast, largely involved temperate zone agricultural goods, which competed directly with European crops, and were thus as we have seen potentially menaced with trade sanctions. In this context, the fact that the largest European market, Britain, was kept open throughout the late nineteenth century (and that her Navy kept the high seas free for international commerce) played a critical role in keeping the international system functioning.

Equivale a dizer, por efeito direto, que a questão central era a inserção periférica de regiões produtivas no circuito europeu e a própria sustentação de um modelo civilizacional calcado na especialização produtiva e no consumo urbano crescente, de tal modo que o suprimento regular de bens primários, em especial o trigo, definia a estabilidade política e social nos núcleos metropolitanos. Essa abertura ao comércio exterior não decorria de inclinações liberais genéricas, senão da operação de um pivô cuidadosamente desenhado, até mesmo porque já nos debruçamos, com a devida atenção, na seção anterior dedicada integralmente ao debate das Corn Laws. Sobre esse pivô, não se trata mais de examinarmos os dilemas normativos quanto à adesão ao modelo, porém, de compreender as propriedades estratégicas do comércio em sua expressão plena. Pondo em evidência, como, por exemplo, a circulação transcontinental do trigo, viabilizada por ferrovias e comboios navais, não seria um dado natural, porém que se diga, uma conquista constantemente rearticulada.

A isso, como podemos agora seguir observando, soma-se uma formulação estratégica que transpõe o caso britânico para um nível teórico mais geral, articulada por Alfred Thayer Mahan, que ao examinar a história naval da Grã-Bretanha compreendeu que o emprego direto das forças navais em tempos de guerra constituía, paradoxalmente, a menor parte do fenômeno mais amplo da projeção marítima. Para Mahan, a verdadeira essência do poder naval residia na sua capacidade de sustentar, em tempos de paz e de maneira permanente, a continuidade dos fluxos comerciais, cuja estabilidade era, por sua vez, a fonte tanto da riqueza quanto da capacidade de sustentar o próprio poder militar

2.2.2 Poder Marítimo

Esta subseção não se propõe olhar a fundo os por menores do pensamento estratégico naval, se assim se admite, a lançar âncora no ponto onde Alfred Mahan, em *The Influence of Sea Power upon History, 1660-1783* (1890), registra o domínio dos mares como eixo gravitacional da grande política. Se a história é, como sugere o título da obra, atravessada pela influência do poder marítimo, seu argumento nos ajuda ratificar o que desenhemos do caso britânico que a segurança de um Estado, sua capacidade de prosperar e se expandir, está diretamente ligada ao controle das rotas marítimas e ao uso da força naval para garantir a circulação de energia. Até mesmo porque expande a compreensão do poder marítimo para além

da simples força naval, integrando o comércio, o transporte marítimo e a mobilização da população em torno das atividades marítimas¹⁸⁹.

Mahan, tece a crítica que já vimos feita pelos Fisiocratas, de que a busca desenfreada por ouro e prata pelos espanhóis e portugueses, embora inicialmente voltada para gerar riquezas, resultou, na verdade, em um empobrecimento de suas economias. A partir de 1492, com a chegada de Cristóvão Colombo às Américas, e em 1498, com a abertura da rota marítima para a Índia por Vasco da Gama, os espanhóis e portugueses focaram na exploração de metais preciosos, especialmente ouro e prata, com o intuito de enriquecer rapidamente que desviou a atenção da construção de um comércio robusto e de indústrias que sustentassem essa riqueza a longo prazo. Atrás do véu de seus portos bem situados e a ocupação inicial de grandes porções dos novos mundos, a Espanha não se destacou como potência marítima. Embora tenha liderado a Europa por cem anos após a descoberta da América, ela não obteve vitórias marítimas significativas desde a batalha de Lepanto em 1571, apesar das muitas guerras em que esteve envolvida¹⁹⁰.

Em contraste, a Inglaterra, a partir do século XVII, soubera articular uma marinha forte com um comércio eficiente, criando uma relação entre poder naval e riqueza material. Na altura da Revolução Gloriosa (1688), França e Inglaterra estavam em posição similar, mas foi o equilíbrio, segundo Mahan, o elemento que permitiu à Inglaterra, após a Guerra da Sucessão Espanhola (1701-1714), superar suas rivais e se tornar a potência marítima dominante, estabelecendo um controle das rotas comerciais. Com isso, a riqueza e o poder passaram, efetivamente, para as mãos da coroa britânica, consolidando a sua posição no comércio global e no controle das principais rotas marítimas.

o comércio internacional juntou-se a uma grande marinha e a um governo comprometido como O poder marítimo da Inglaterra, portanto, não estava apenas na

¹⁸⁹ Como coloca Costa (1992, p.90), “A abordagem inovadora de Mahan sobre o poder marítimo baseia-se numa concepção integrada de todas as atividades relacionadas ao mar. Nesse sentido, suas teorias não se restringem, como era tradicional às análises sobre o poder naval (*stricto sensu*) ou o comércio marítimo, tomados separadamente. Para ele, é fundamental a natureza e o grau de envolvimento de toda a população de um país com as atividades marítimas, decorrendo daí as possibilidades concretas de constituição de um poder de fato nessa área. Dedicar a maior parte de seu estudo a uma revisão histórica do tema desde os primórdios da civilização, deixando clara a sua admiração pela Inglaterra e o seu domínio dos mares.”

¹⁹⁰ Como coloca Mahan (1965 p. 50): “If history may be believed, the way in which the Spaniards and their kindred nation, the Portuguese, sought wealth, not only brought a blot upon the national character, but was also fatal to the growth of a healthy commerce; and so to the industries upon which commerce lives, and ultimately to that national wealth which was sought by mistaken paths. The desire for gain rose in them to fierce avarice; so they sought in the new-found worlds which gave such an impetus to the commercial and maritime development of the countries of Europe, not new fields of industry, not even the healthy excitement of exploration and adventure, but gold and silver. They had many great qualities; they were bold, enterprising, temperate, patient of suffering, enthusiastic, and gifted with intense national feeling. When to these qualities are added the advantages of Spain’s position and well-situated ports, the fact that she was first to occupy large and rich portions of the new worlds and long remained without a competitor, and that for a hundred years after the discovery of America she was the leading State in Europe, she might have been expected to take the foremost place among the sea powers”.

grande marinha, com a qual comumente e exclusivamente a associamos; a França teve uma marinha assim em 1688, e ela murchou como uma folha no fogo. Tampouco estava apenas em um comércio próspero; alguns anos após a data em que chegamos, o comércio da França atingiu proporções razoáveis, mas o primeiro sopro de guerra varreu-o dos mares, assim como a marinha de Cromwell uma vez varreu a da Holanda. Foi na união dos dois, cuidadosamente cultivada, que a Inglaterra obteve o poder marítimo acima e além de todos os outros Estados; e esse ganho está claramente associado e data da Guerra da Sucessão Espanhola. Antes dessa guerra, a Inglaterra era uma das potências marítimas; depois dela, ela era a potência marítima, sem qualquer rival. Esse poder também ela manteve sozinha, não compartilhado por amigos e não controlado por inimigos. Ela sozinha era rica, e em seu controle do mar e em sua extensa frota mercante tinha as fontes de riqueza tão fortemente em suas mãos que não havia perigo iminente de um rival no oceano. Assim, seu ganho de poder marítimo e riqueza não foi apenas grande, mas sólido, estando totalmente em suas próprias mãos; enquanto os ganhos dos outros Estados não foram apenas inferiores em grau, mas mais fracos em natureza, na medida em que dependiam mais ou menos da boa vontade de outros povos¹⁹¹ (Mahan, 1965 [1890], p.225)

Sob a égide do conceito, pressupõe-se que o poder marítimo seja não apenas alcançado, mas mantido, é imprescindível que a nação possua a capacidade de interligar de maneira indissociável o controle das rotas comerciais com a manutenção da força naval. Esse elo entre comércio e poder não se restringe ao domínio das águas, não por outra razão, estende-se à própria estrutura interna da nação, que deve sustentar e perpetuar suas conquistas através de uma rede de recursos, alianças e, sobretudo, uma capacidade de resistência.

Sobretudo, porque, como coloca Lambert (2023), ao contrário da opinião popular, a lógica mahaniana não se preocupa maiormente com o emprego de forças navais em tempo de guerra, mas, em vez disso, em explicar a relação simbiótica entre comércio, riqueza e poder. Logo na introdução, Mahan (1965 [1890], p. 01) estabelece que o comércio marítimo, embora motor de crescimento e acumulação de riqueza, exige, para a apropriação de suas vantagens, que os países oscilem entre tentativas de exclusão pacífica e, quando estas falham, o recurso à violência direta; donde se conclui que a biografia desse poder é, em essência, uma narrativa de confrontos militares, na qual o controle das águas e das regiões comerciais distantes moldou, a bem da verdade, o destino das nações e o curso das guerras:

A história do Poder Marítimo é em grande parte, embora não exclusivamente, uma narrativa de disputas entre nações, de rivalidades mútuas, de violência frequentemente

¹⁹¹ The sea power of England therefore was not merely in the great navy, with which we too commonly and exclusively associate it; France had had such a navy in 1688, and it shrivelled away like a leaf in the fire. Neither was it in a prosperous commerce alone; a few years after the date at which we have arrived, the commerce of France took on fair proportions, but the first blast of war swept it off the seas as the navy of Cromwell had once swept that of Holland. It was in the union of the two, carefully fostered, that England made the gain of sea power over and beyond all other States; and this gain is distinctly associated with and dates from the War of the Spanish Succession. Before that war England was one of the sea powers; after it she was the sea power, without any second. This power also she held alone, unshared by friend and unchecked by foe. She alone was rich, and in her control of the sea and her extensive shipping had the sources of wealth so much in her hands that there was no present danger of a rival on the ocean. Thus her gain of sea power and wealth was not only great but solid, being wholly in her own hands; while the gains of the other States were not merely inferior in degree, but weaker in kind, in that they depended more or less upon the good will of other peoples

culminando em guerra. A profunda influência do comércio marítimo sobre a riqueza e a força dos países foi claramente percebida muito antes que os verdadeiros princípios que governavam seu crescimento e prosperidade fossem detectados: Para garantir ao próprio povo uma parcela desproporcional de tais benefícios, todos os esforços foram feitos para excluir os outros, seja pelos métodos legislativos pacíficos de monopólio ou regulamentações proibitivas, ou, quando esses falhavam, pela violência direta. O choque de interesses, os sentimentos de raiva despertados por tentativas conflitantes de se apropriar da maior parte, se não de todo, das vantagens do comércio e das regiões comerciais distantes e não estabelecidas, levaram a guerras. Por outro lado, as guerras decorrentes de outras causas foram grandemente modificadas em sua condução e resultado pelo controle do mar. Portanto, a história do poder marítimo, embora abrangia em sua ampla abrangência tudo o que tende a tornar um povo grande no mar ou pelo mar, é em grande parte uma história militar; e é nesse aspecto que ela será principalmente, embora não exclusivamente, considerada nas páginas seguintes¹⁹²

Portanto, para Mahan, o comércio e a guerra são duas faces inseparáveis da mesma moeda, e o controle do mar é a chave para alcançar a supremacia internacional. Nesse contexto, a existência de uma marinha torna-se inevitável, ao invés de ser um luxo ou uma mera conveniência, como parte do próprio comércio. Esse exige que as mercadorias, sejam produzidas internamente ou adquiridas no exterior, sejam transportadas de forma eficiente, seja em navios próprios ou estrangeiros. De outra parte, a proteção dessas rotas comerciais e dos próprios navios torna-se imperativa, especialmente em tempos de guerra. Dessa forma, a precisão de uma marinha surge como uma extensão natural da segurança do transporte marítimo¹⁹³.

Todavia, especificamente, identifica na conjunção entre produção, navegação e posse de territórios ultramarinos a fórmula para transformar uma nação marítima em força global. A produção gera a necessidade de circulação de bens, e o transporte marítimo se torna a linha vital que conecta essas mercadorias a mercados distantes, permitindo que as nações costeiras

¹⁹² The history of Sea Power is largely, though by no means solely, a narrative of contests between nations, of mutual rivalries, of violence frequently culminating in war. The profound influence of sea commerce upon the wealth and strength of countries was clearly seen long before the true principles which governed its growth and prosperity were detected: To secure to one's own people a disproportionate share of such benefits, every effort was made to exclude others, either by the peaceful legislative methods of monopoly or prohibitory regulations, or, when these failed, by direct violence. The clash of interests, the angry feelings roused by conflicting attempts thus to appropriate the larger share, if not the whole, of the advantages of commerce, and of distant unsettled commercial regions, led to wars. On the other hand, wars arising from other causes have been greatly modified in their conduct and issue by the control of the sea. Therefore the history of sea power, while embracing in its broad sweep all that tends to make a people great upon the sea or by the sea, is largely a military history; and it is in this aspect that it will be mainly, though not exclusively, regarded in the following pages

¹⁹³ Como coloca Mahan (1965 [1890], p. 25): "Under modern conditions, however, home trade is but a part of the business of a country bordering on the sea. Foreign necessities or luxuries must be brought to its ports, either in its own or in foreign ships, which will return, bearing in exchange the products of the country, whether they be the fruits of the earth or the works of men's hands; and it is the wish of every nation that this shipping business should be done by its own vessels. The ships that thus sail to and fro must have secure ports to which to return, and must, as far as possible, be followed by the protection of their country throughout the voyage. This protection in time of war must be extended by armed shipping. The necessity of a navy, in the restricted sense of the word, springs, therefore, from the existence of a peaceful shipping, and disappears with it, except in the case of a nation which has aggressive tendencies, and keeps up a navy merely as a branch of the military establishment"

prosperem. As colônias surgem como pontos estratégicos, amplificando a capacidade de garantir rotas seguras e aumentar o controle sobre fluxos comerciais essenciais. Esse entrelaçamento forma uma rede onde a produção alimenta o transporte, e este, por sua vez, garante a proteção da troca e do crescimento. A riqueza, derivada do comércio e da indústria, alimenta a marinha que protege as rotas, que por sua vez garantem o fluxo da própria riqueza.

Dessa mecânica, a fortuna das nações está na capacidade de previsões estratégicas dos governantes, somado, porém, na posição geográfica, extensão, configuração e no caráter de seus povos, que são condições naturais e imutáveis. A posição, a extensão do território e a configuração costeira, são elementos que moldam o potencial. Países com acesso privilegiado a rotas comerciais estratégicas e portos bem localizados possuem uma vantagem, que pode ser ampliada ou desperdiçada dependendo das decisões humanas. Bem como dela, não é um cenário passivo, todavia, que interage diretamente com os outros pilares, como as colônias. Escrevendo no contexto colonial do final do século XIX, vê o pacto colonial como uma maneira de garantir riquezas através do controle de pontos estratégicos no mundo, onde a marinha pode manter a segurança e a continuidade do fluxo de mercadorias. Essas colônias, além de fornecerem recursos e mercados, tornam-se também bases que possibilitam à potência expandir suas zonas de influência:

Nessas três coisas — produção, com a necessidade de trocar produtos, transporte marítimo, por meio do qual a troca é realizada, e colônias, que facilitam e ampliam as operações de transporte marítimo e tendem a protegê-lo ao multiplicar pontos de segurança — encontra-se a chave para grande parte da história, bem como da política, das nações que fazem fronteira com o mar. A política variou tanto com o espírito da época quanto com o caráter e a clareza de visão dos governantes; mas a história das nações costeiras foi menos determinada pela astúcia e previsão dos governos do que pelas condições de posição, extensão, configuração, número e caráter de seu povo — pelo que se chama, em uma palavra, condições naturais. Deve-se admitir, no entanto, e será visto, que a ação sábia ou insensata de indivíduos teve, em certos períodos, uma grande influência modificadora no crescimento do poder marítimo em um sentido amplo, que inclui não apenas a força militar flutuante, que governa o mar ou qualquer parte dele pela força das armas, mas também o comércio e o transporte marítimo pacíficos, dos quais apenas uma frota militar surge natural e saudavelmente, e sobre os quais ela repousa com segurança¹⁹⁴. (Mahan, 1965 [1890], p. 28)

¹⁹⁴ In these three things — production, with the necessity of exchanging products, shipping, whereby the exchange is carried on, and colonies, which facilitate and enlarge the operations of shipping and tend to protect it by multiplying points of safety — is to be found the key to much of the history, as well as of the policy, of nations bordering upon the sea. The policy has varied both with the spirit of the age and with the character and clear-sightedness of the rulers; but the history of the seaboard nations has been less determined by the shrewdness and foresight of governments than by conditions of position, extent, configuration, number and character of their people, — by what are called, in a word, natural conditions. It must however be admitted, and will be seen, that the wise or unwise action of individual men has at certain periods had a great modifying influence upon the growth of sea power in the broad sense, which includes not only the military strength afloat, that rules the sea or any part of it by force of arms, but also the peaceful commerce and shipping from which alone a military fleet naturally and healthfully springs, and on which it securely rests.

Torna-se patente que o poder marítimo (e, por extensão, o sucesso das nações costeiras) é moldado por três fatores interligados, dado em produção e comércio na capacidade de gerar excedentes econômicos e a necessidade de trocá-los, transporte marítimo como a infraestrutura que viabiliza o comércio global e bases que ampliam e protegem rotas comerciais, garantindo segurança estratégica. Fatores esse que nos permite, agora, fazer a ponte com o século XX e suas guerras globais. A saber, adquire, com a Primeira Guerra Mundial, uma nova camada dada na construção institucional e estatal voltada à segurança das cadeias de abastecimento ao deixar de ser uma variável apenas de projeção e passar a ser um imperativo de sobrevivência sistêmica. O teatro de operações estava, em larga medida, sobre o mar, onde a interdependência global encontrava sua vulnerabilidade máxima na guerra submarina irrestrita, o bloqueio naval e a escassez de trigo ou nitrato. O próximo tópico, assim, analisará como essas lições influenciaram a organização dos Estados e estratégias de segurança econômica e militar em um mundo mais conectado, todavia, mais vulnerável.

2.3 PROPRIEDADES EMERGENTES DA PRIMEIRA GUERRA MUNDIAL

Por fim, antes de retomarmos a sistematização, é fundamental que se reconheça o primeiro grande estresse sofrido pelo arranjo energético global, que emergiu com a Revolução Energética moderna. Não menos, como as formas da nova complexidade se assentar. Como coloca Spier (2011, p. 58), as desigualdades brutais no acesso a recursos energéticos desencadearam colonialismo e, também, guerras mundiais:

Uma vez que o acesso aos novos fluxos de matéria e energia foi inicialmente muito desigualmente dividido, enormes diferenças de poder surgiram em todo o mundo. Como parte desse processo, as nações em industrialização começaram a colonizar grandes partes do mundo. Depois que quase todo o mundo conquistável foi subjugado, as nações recém-industrializadas lutaram entre si. Isso levou a duas guerras mundiais. No entanto, ao longo do tempo, todas as áreas que conseguiram se industrializar tornaram-se ricas em um grau incomparável na história humana, primeiro as elites e, mais tarde, também porções consideráveis da população em geral¹⁹⁵

Causalmente, da disparidade energética, passando pela dominação global e como efeitos sistêmicos conflitos dado a riqueza industrial massificada. Em seu campo de ação, a Primeira Guerra Mundial não foi exclusivamente um evento abrupto ou uma crise passageira, por outra, o momento em que essa complexa estrutura mostrou suas tensões internas, deixando exposta

¹⁹⁵ Since access to the new matter and energy flows was initially very un equally divided, huge worldwide power differences evolved. As part of this process, the industrializing nations began colonizing large parts of the world. After almost all the conquerable world had been subjugated, the newly industrialized nations battled it out among themselves. This led to two world wars. Yet over the course of time, all the areas which successfully industrialized became wealthy to an extent unparalleled in human history, first the elites and later also sizable portions of the general populace.

uma fragilidade que permeava seu próprio funcionamento. Conforme observa Lambert (2021, p. 377), o pânico financeiro que abalou o sistema não deve ser visto como um choque isolado, *“isso estava ligado a outra vertente de preocupação mais antiga - a saber, a fragilidade do novo sistema econômico global”*. Como colocam Findlay e O'Rourke (2007), se o período da Revolução Energética a 1914 foi marcado por uma crescente consolidação da divisão internacional do trabalho, "especialização", dado que pouco resta para contestar que as trocas internacionais haviam atingido uma escala incomparável aos padrões anteriores ao século XVIII, que a seção de Revolução dos Transportes trouxe.

Vale dizer que, tanto em termos relativos, pela elevação da razão comércio sobre produção, quanto em termos qualitativos, pela sofisticação das cadeias e pela amplitude dos mercados de commodities:

Em 1913, os mercados internacionais de commodities estavam muito mais integrados do que em 1750, o comércio mundial representava uma parcela muito maior da produção mundial e uma gama muito mais ampla de bens, incluindo commodities com uma alta relação volume-valor, estava sendo transportada entre continentes. Essas tendências, em combinação com a rápida industrialização no noroeste da Europa e as ramificações britânicas, tiveram um impacto dramático na divisão mundial do trabalho, à medida que a indústria europeia superava seus rivais em outros lugares. No final do século XIX, havia uma distinção gritante entre economias industriais e de produção primária: a "Grande Especialização", como Dennis Robertson certa vez a chamou¹⁹⁶ (Findlay, O'Rourke, 2007, p. 411)

Disso decorre de no intervalo seguinte, entre 1914 e 1939, ser atravessado por um processo de "desglobalização" nas condições resultantes do próprio conflito em reconfigurações (geo) políticas. Já analisamos na parte I a intensificação do poder de fogo. Porém, no mar, essa transformação significou que o domínio naval não era mais apenas uma questão de bloqueios e frotas de superfície. O desenvolvimento do submarino introduziu uma nova dimensão na disputa pelo abastecimento, tornando a guerra uma questão de resistência logística prolongada. Também acabamos de discutir importância do poder marítimo conforme Mahan, cuja tese destacava a influência naval e o controle das rotas marítimas como sustentação do comércio e da prosperidade econômica das nações.

No entanto, caso o domínio dos mares permite a estabilidade do comércio e a acumulação de riqueza, essa mesma economia, quando pressionada por crises ou disputas, sustenta os conflitos que busca evitar. A Primeira Guerra Mundial, ao transformar o conflito em

¹⁹⁶ By 1913, international commodity markets were vastly more integrated than they had been in 1750, world trade accounted for a far higher share of world output, and a far broader range of goods, including commodities with a high bulk-to-value ratio, were being transported between continents. These trends, in combination with rapid industrialization in northwest Europe and the British offshoots, had a dramatic impact on the worldwide division of labor, as European industry outcompeted its rivals elsewhere. By the late nineteenth century there was a stark distinction between industrial and primary-producing economies: the "Great Specialization," as Dennis Robertson once memorably termed it

uma disputa de resistência material e industrial, evidenciou essa dinâmica de longa duração. Ou seja, ela

marcou o fim de uma era, assim como as guerras de 1792-1815 marcaram o fim do mercantilismo do século XVIII. Também envolveu extensos esforços de ambos os lados para bloquear o comércio dos outros: de fato, depois que ficou claro que os planos de guerra alemães que previam a vitória no Oeste em seis semanas, permitindo que eles se concentrassem posteriormente na frente oriental, haviam falhado, e que o otimismo aliado estava igualmente equivocado, a guerra tornou-se cada vez mais uma luta econômica na qual a vitória era determinada pelos recursos à disposição de cada lado. As novas tecnologias significavam que a natureza dos bloqueios era radicalmente diferente da de um século antes. Como a principal potência naval do mundo, a Grã-Bretanha ainda mantinha a vantagem sobre seus rivais da Europa continental, mas sua vantagem foi corroída de duas maneiras. Primeiro, melhor artilharia, minas e submarinos significavam que a Grã-Bretanha não poderia montar bloqueios "próximos" aos portos inimigos, como havia bloqueado os portos atlânticos de Napoleão. Em vez disso, ela foi forçada a manter um bloqueio "distante", impedindo que navios mercantes inimigos chegassem à Alemanha, controlando o Canal da Mancha e as águas entre a Escócia e a Noruega. Em segundo lugar, a tecnologia submarina significava que a Alemanha era capaz de montar um contra bloqueio às Ilhas Britânicas, uma opção que não estava disponível para Napoleão na prática, apesar da retórica francesa¹⁹⁷ (Findlay, O'Rourke, 2007, p. 429)

Caso mais a guerra podia ser entendida como um episódio com início e fim relativamente delimitados, a escala alcançada entre 1914 e 1918 dissolveu essa noção. Acreditava-se que a tecnologia moderna garantiria uma vitória rápida e que a economia global, interconectada, impediria guerras prolongadas devido aos danos econômicos¹⁹⁸. A intenção

¹⁹⁷ World War I brought the liberal economic order of the late nineteenth century to an abrupt halt. It thus marked the end of an era, just as the wars of 1792–1815 marked the end of eighteenth century mercantilism. It also involved extensive efforts by both sides to blockade the others' trade: indeed, after it became clear that the German war plans which anticipated victory in the west within six weeks, allowing them to subsequently concentrate on the Eastern front, had failed, and that Allied optimism was similarly misplaced, the war became increasingly an economic struggle in which victory was ultimately determined by the resources at each side's disposal (Broadberry and Harrison 2005). New technologies meant that the nature of the blockades was radically different from those of a century earlier. As the world's leading naval power, Britain still retained the upper hand over her continental European rivals, but her advantage was eroded in two ways. First, better artillery, mines, and submarines meant that Britain could not mount "close" blockades of enemy ports, as she had blockaded Napoleon's Atlantic ports. Rather, she was forced to maintain a "distant" blockade, preventing enemy merchant ships from reaching Germany by controlling the English Channel and the waters between Scotland and Norway. Second, submarine technology meant that Germany was able to mount a counter-blockade of the British Isles, an option that had not been available to Napoleon in practice, French rhetoric notwithstanding

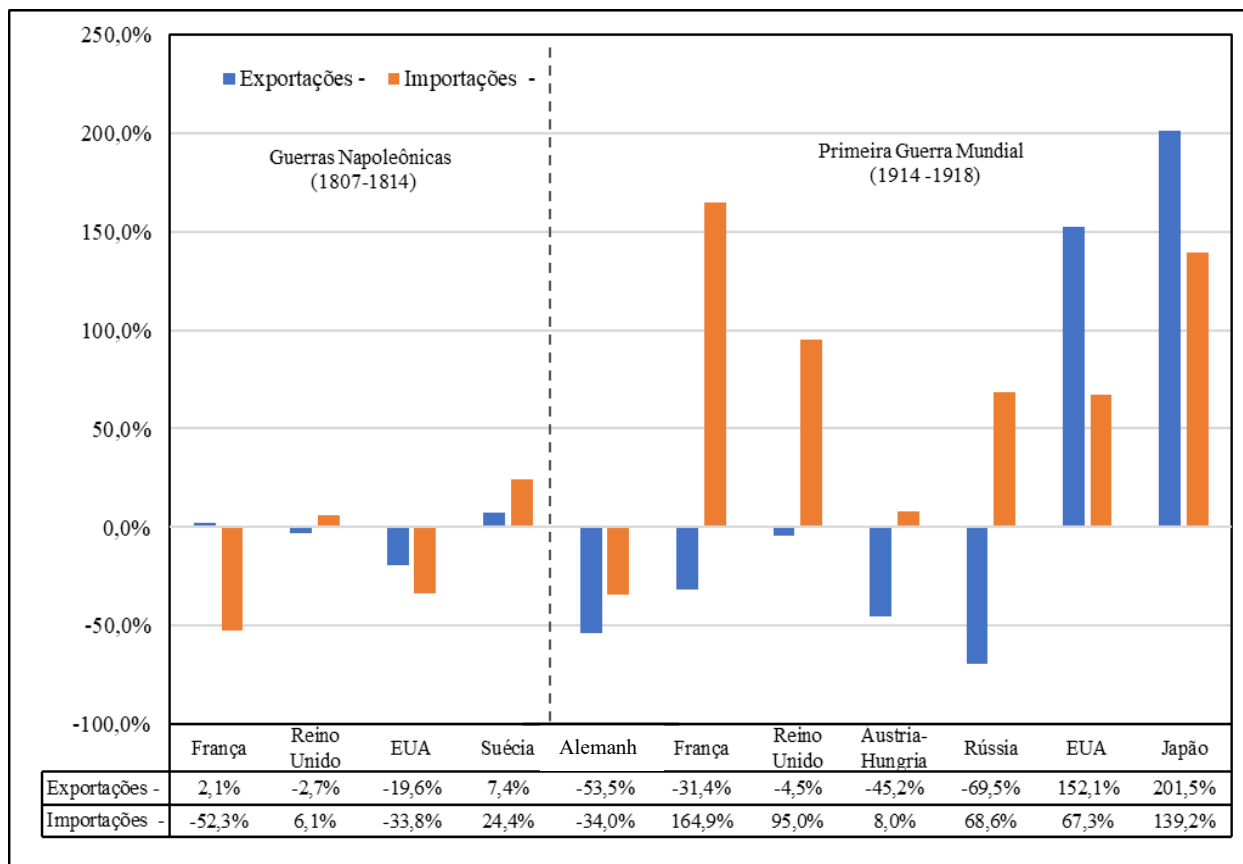
¹⁹⁸ Como destacam Förster (1999) e Lambert (2021) e a crença predominante no período anterior à Primeira Guerra Mundial era a de que um conflito em larga escala seria necessariamente breve, dada a interdependência econômica do sistema globalizado. A lógica era que as nações industrializadas, profundamente conectadas por redes comerciais e financeiras, não poderiam sustentar uma guerra prolongada sem colapsar suas economias. Essa visão alimentava a expectativa de que a guerra, iniciada em 28 de julho de 1914, terminaria rapidamente, com as tropas retornando para casa "antes do Natal" daquele ano. No entanto, a preparação para uma guerra total enfrentava obstáculos significativos. Na Alemanha Imperial, por exemplo, o Estado-Maior reconhecia a possibilidade de uma guerra longa, mas não tinha os recursos financeiros, a influência política ou a capacidade de mobilizar plenamente o Estado, a economia e a sociedade para um conflito prolongado. Além disso, havia resistências internas e limitações estruturais que impediam a adoção de medidas mais abrangentes. Como resultado, o planejamento militar concentrou-se quase exclusivamente nas primeiras semanas de guerra, sem considerar seriamente as implicações de um impasse ou de uma guerra total. A noção de "guerra curta" não era uma crença unânime, mas, diante desses entraves, tornou-se a única opção aparentemente viável para as lideranças militares e políticas da época.

última, como indicam Findlay e O'Rourke (2007), residia na busca por ampliar ao máximo os recursos disponíveis dentro das fronteiras nacionais, o que, em termos estratégicos, era limitar os fluxos de saída e, sempre que possível, favorecer a ampliação das entradas.

Nas guerras do final do século XVIII e início do XIX (como as Guerras Napoleônicas), os países ainda operavam sob uma lógica mercantilista. Nessa lógica, exportar bens significava atrair metais preciosos (como ouro e prata), e impedir o inimigo de exportar era visto como uma forma de enfraquecê-lo. Já na Primeira Guerra Mundial, a mudança estrutural do sistema internacional, mais densamente interconectado e dependente de cadeias produtivas complexas, transformou esse perfil da vulnerabilidade, cujo ponto crítico passou a ser impedir que o inimigo conseguisse importar bens estratégicos, não tanto evitar que ele exportasse, em que, *“visto sob essa luz, parece claro que o bloqueio aliado à Alemanha e seus aliados foi mais bem-sucedido do que a campanha de submarinos alemães”*. (Findlay; O'Rourke, 2007, p. 431). No vértice da ideia, manter a entrada de bens estratégicos como alimentos, combustíveis, matérias-primas industriais, em níveis suficientes para que o esforço de guerra pudesse ser sustentado sem colapso interno.

Os dados reunidos no gráfico 13 deixam esse quadro claro, onde, nas guerras napoleônicas no período de 1807-1814, as amplitudes sobre as trocas foram menores, bem como, o Reino Unido teve retração nas exportações (2,7%) e acréscimo nas importações (6,1%), enquanto França reduziu as importações (52,3%) e tão-só exportações (2,1%). Já de 1914 a 1918, tomando parâmetro de 1913, Alemanha, Áustria-Hungria e Rússia experimentaram quedas drásticas nas exportações, respectivamente de 53,5%, 45,2% e 69,5%, enquanto França e Reino Unido impulsionaram fortemente suas importações (164,9% e 95%), mesmo com quedas nas exportações, e Estados Unidos e Japão como grandes fornecedores externos, ampliando suas exportações em 152,1% e 201,5%, respectivamente.

Gráfico 13 - Variações comerciais nas Guerras Napoleônicas (1807-1814) e a Primeira Guerra Mundial (1914-1918)



Fonte: variações comerciais relativas à Primeira Guerra Mundial foram calculadas com base na Tabela 8.1 apresentada em Findlay & O'Rourke (2007, p. 432), enquanto os dados correspondentes ao período das guerras napoleônicas decorrem da análise contida em O'Rourke (2004, p. 39).

Isso valeria para a energia, como coloca Podobnik (2006, p. 106), pois, os Estados europeus, mesmo diante do aumento das tensões, entraram na Primeira Guerra Mundial sem grandes estoques, confiando que poderiam garantir o abastecimento em plena campanha militar, o que transformou as regiões carboníferas, como a Alsácia-Lorena, a Bélgica e a Polônia, em alvos prioritários:

Embora as tensões políticas entre os estados europeus tenham crescido constantemente durante a primeira década do século XX, houve pouco aviso de que tipo de conflito estava se formando. Era amplamente esperado que, se a guerra viesse, seguiria o padrão dos recentes conflitos na Europa. A Guerra da Crimeia, a Guerra Franco-Prussiana e a Guerra Russo-Japonesa foram conflitos curtos que tiveram apenas impactos temporários nos estoques de recursos. Os exércitos europeus, portanto, não acumularam grandes quantidades de carvão ou petróleo enquanto se preparavam para o conflito. Em vez disso, os planejadores militares presumiram que poderiam abastecer suas forças a partir de fontes seguras ou então capturar os recursos energéticos necessários para prosseguir com suas campanhas de guerra. Quando a Primeira Guerra Mundial começou, os campos de carvão rapidamente se tornaram alvos de campanhas militares. Um dos objetivos centrais dos comandantes militares franceses era recapturar as regiões ricas em carvão da Alsácia e da Lorena que haviam

perdido na guerra franco-prussiana. Os estrategistas alemães, enquanto isso, estavam determinados a tomar os principais campos de carvão na Bélgica e na Polônia¹⁹⁹

Para os britânicos, cuja supremacia marítima lhes permitia manter abertos os canais transoceânicos de abastecimento, a questão principal recaía menos sobre a obtenção dos produtos e mais sobre os custos crescentes para sustentá-los em ritmo prolongado, como já dissemos ao abordar os debates promovidos pela *Royal Commission on the Supply of Food and Raw Materials in Time of War* entre 1903 e 1905. Já para a Alemanha, que enfrentava bloqueios navais e restrições geográficas severas, a própria manutenção da circulação tornava-se a zona de maior pressão da estratégia, pois sua estrutura de guerra exigia uma intensidade de recursos que não poderia ser compensada por improvisos táticos

Alfred von Schlieffen (1833-1913), oficial prussiano e chefe do Estado-Maior General alemão até 1905, antecipou quase uma década antes da guerra, e faleceu apenas um ano antes de seu início, os limites de uma estratégia prolongada ao conceber o plano que levaria seu nome em enfrentar uma guerra em duas frentes simultâneas, contra a França a oeste e a Rússia a leste, por meio de um movimento rápido e decisivo através da Bélgica que neutralizasse Paris antes da mobilização total russa: *"táticas de exaustão não são práticas onde o sustento de milhões exige o gasto de bilhões"* (Chambers, 1999, p. 265).

A economia alemã não estava preparada para um conflito prolongado. Helmuth von Moltke, o Jovem, chefe do Estado-Maior alemão entre 1906 e 1914, alertou que uma guerra longa exigiria tanto uma estratégia militar eficiente quanto um sistema econômico capaz de sustentá-la. Em suas cartas de 1907 e 1914, ele afirmou que uma guerra prolongada, especialmente em duas frentes, só poderia ser sustentada por uma população economicamente forte. A falha em garantir o abastecimento adequado das forças armadas e da população, além da falta de preparação dos mercados financeiros para a guerra e a ausência de um plano para garantir o abastecimento da população civil, tornavam a guerra mais difícil de ser travada, como discutido por Förster (1999, p. 370).

Em 12 de fevereiro de 1907, ele escreveu ao Ministério da Guerra que algo precisava ser feito para preparar os mercados financeiros para a guerra. Além disso, ele expressou sua preocupação de que nenhuma provisão tenha sido feita para garantir a

¹⁹⁹ Although political tensions between European states grew steadily during the first decade of the twentieth century, there was little forewarning of what kind of conflict was brewing. It was widely expected that, if war came, it would follow the pattern of recent conflicts in Europe. The Crimean War, the Franco-Prussian War, and the Russian Japanese War had all been short conflicts that had only temporary impacts on resource stockpiles. European armies therefore did not amass large quantities of coal or oil as they prepared for conflict. Instead, military planners assumed that they could either fuel their forces from secure sources or else capture the energy resources that were needed to prosecute their war campaigns. When World War I began, coal fields quickly became targets of military campaigns. One of the central objectives of French military commanders was to recapture the coal-rich regions of Alsace and Lorraine that they had lost in the Franco-Prussian war. German strategists, meanwhile, were determined to seize key coal fields in Belgium and Poland.

alimentação da população civil em caso de guerra. Isso poderia levar a distúrbios e, assim, dificultar seriamente o esforço de guerra: "Os interesses do povo, no entanto, não podem mais ser separados dos do exército. Eles se influenciam mutuamente." Outros funcionários apoiaram essa visão, mas pouco foi feito. Em 14 de maio de 1914, Moltke escreveu ao secretário do Interior, Clemens von Delbrück, e lembrou-o da importância dos preparativos econômicos para a guerra. Abastecer a frente doméstica era uma pré-condição decisiva para o sucesso do exército. Mesmo as vitórias militares eram inúteis se a economia entrasse em colapso: "Uma guerra talvez longa em duas frentes só pode ser sustentada por um povo economicamente forte". Moltke exigiu de Delbrück que ele fizesse tudo ao seu alcance para organizar a mobilização econômica para a guerra²⁰⁰.

O fracasso em levar essa advertência a sério fez com que, quando o conflito se prolongou além das expectativas iniciais, a Alemanha enfrentasse um colapso interno que minou sua capacidade de continuar lutando. Tudo vai convergir para um pós-guerra primariamente instável e, disso, da própria complexidade do sistema. A seguir, serão examinados com mais detalhes dois aspectos centrais dessa “transição”, quer pela emergência da ideia de Guerra Total, quer pela dissolução dos equilíbrios precedentes, cujos efeitos se tornaram visíveis na baixa conectividade do período seguinte como expressão contraditória de um progresso técnico contínuo submetido a constrangimentos geopolíticos recorrentes.

2.3.1 Guerra Total e a Construção de Estruturas Estratégicas Próprias

Do dito acima, precisamos dar nomes. O bloqueio naval à Alemanha, a corrida por suprimentos e a interdição dos fluxos comerciais redefiniram o próprio conceito de guerra, aproximando-a de um estado permanente de mobilização. O abastecimento, ou a privação dele, tornou-se o eixo central, e, nesse sentido, a Guerra Total passou a ser ventilada de acordo com um aumento da intensidade do combate, mas disso, como a absorção completa das sociedades na lógica da destruição ou da sobrevivência.

Todavia, a guerra não é uma novidade do mundo da transição fóssil, isso é verdade, como Keeley (1996, p. 75) assenta que as Guerras eram uma ocorrência comum nas sociedades pré-estatais, onde os estragos eram somente pelos recursos disponíveis. Os fatos recuperados

²⁰⁰ On February 12, 1907, he wrote to the war ministry that something had to be done to get the financial markets ready for war. Moreover, he expressed his concern that no provisions had been made to secure the alimentation of the civilian population in case of war. This could lead to unrest and thus seriously hamper the war effort: "The interests of the people, however, cannot be separated anymore from those of the army. They mutually influence each other." Other officials supported this view, but little was done. On May 14, 1914, Moltke therefore wrote to the home secretary, Clemens von Delbrück, and reminded him of the importance of economic preparations for the war. To supply the home front was a decisive precondition for the success of the army. Even military victories were useless if the economy collapsed: "A perhaps lengthy war on two fronts can only be sustained by an economically strong people." Moltke demanded of Delbrück that he do everything in his power to organize the economic mobilization for war

por etnógrafos e arqueólogos mostrariam que a guerra primitiva e pré-histórica foi tão terrível e eficaz quanto a versão histórica e civilizada:

A guerra primitiva (e de guerrilha) consiste em uma guerra reduzida ao essencial: o assassinato de inimigos; o roubo ou destruição de seu sustento, riqueza e recursos essenciais; e a indução neles de insegurança e terror. Ele conduz os negócios básicos da guerra sem recorrer a formações ou equipamentos pesados, manobras complicadas, cadeias de comando estritas, estratégias calculadas, cronogramas ou outros enfeites civilizados. Quando os soldados civilizados encontram adversários tão livres, eles também devem se livrar de um peso considerável de bagagem intelectual e armadura física apenas para igualar as probabilidades. Uma vez que os soldados combinam suas táticas com as de seus adversários primitivos, sua mão de obra superior, excedente econômico, tecnologia de transporte e experiência logística - se vigorosamente explorados - permitem que eles vençam a maioria dessas campanhas e guerras. Por atrito, eles gradualmente corroem o pequeno e inelástico pool de mão de obra dos primitivos; pela destruição de alimentos e material, eles esgotam os escassos excedentes econômicos dos guerreiros, muitas vezes induzindo-os a se render para evitar a fome. Essas são precisamente as técnicas da guerra primitiva, bem como as da guerra total civilizada. A única diferença é que as sociedades civilizadas podem aplicar recursos muito maiores em seus esforços para executar essas técnicas. Assim, explorando sua superioridade logística, os soldados civilizados podiam continuar atormentando e desgastando grupos sociais primitivos, especialmente durante as estações mais severas, não lhes dando tempo para descansar, recuperar ou reabastecer suprimentos de comida e munição. Em grande medida, a tecnologia superior de transporte e agricultura da Europa e seus métodos econômicos e logísticos eficientes tornaram possível seu triunfo sobre o mundo primitivo, não suas técnicas militares habituais e armas avançadas²⁰¹

Seria, então, a guerra primitiva muito mais mortal do que a conduzida entre estados civilizados por causa da maior frequência de combate e da maneira mais impiedosa como era conduzida. O que a evolução e complexificação fez foi colocar em mão da humanidade mais recursos para esse feito. Sobre isso, Keeley (1996) completa que no século XIV, os membros da tribo neolítica Gaunche das Ilhas Canárias, armados apenas com lanças de madeira e pedras para arremesso, repeliram várias campanhas de conquista francesas, portuguesas e espanholas. Os Gran Canaria Guanches resistiram a esses vários conquistadores por quase um século e meio

²⁰¹ Primitive (and guerrilla) warfare consists of war stripped to its essentials: the murder of enemies; the theft or destruction of their sustenance, wealth, and essential resources; and the inducement in them of insecurity and terror. It conducts the basic business of war without recourse to ponderous formations or equipment, complicated maneuvers, strict chains of command, calculated strategies, time tables, or other civilized embellishments. When civilized soldiers meet adversaries so unencumbered, they too must shed a considerable weight of intellectual baggage and physical armor just to even the odds. Once soldiers match their tactics to those of their primitive adversaries, their superior manpower, economic surplus, transportation technology, and logistical expertise—if vigorously exploited—enable them to win most such campaigns and wars. By attrition, they gradually erode the primitives' small and inelastic manpower pool; by destruction of food and materiel, they exhaust the slim economic surpluses of the warriors, often inducing them to surrender to avoid starvation. These are precisely the techniques of primitive war, as well as those of civilized total war. The only difference is that civilized societies can apply vastly greater resources to their efforts to execute these techniques. Thus by exploiting their logistic superiority, civilized soldiers could continue harrying and abrading primitive social groups, especially during the harshest seasons, giving them no time to rest, recuperate, or replenish supplies of food and ammunition. To a great extent, the superior transportation and agricultural technology of Europe and its efficient economic and logistic methods made possible its triumph over the primitive world, not its customary military techniques and advanced weapons.

(1342-1483). Tenerife resistiu até 1496 depois de empurrar dois exércitos invasores espanhóis para o mar.

A resistência prolongada dessas tribos se compara muito favoravelmente com as rápidas derrotas sofridas pelos astecas e incas altamente civilizados nas mãos dos invasores espanhóis algumas décadas depois. Isso, por muito, é na forma do mundo moderno, a Revolução Militar, tal como apresentada pela historiografia clássica, como um dos grandes debates sobre a ascensão da Europa Ocidental como força dominante no sistema internacional em torno da razão pela qual a artilharia de pólvora²⁰² se desenvolveu com maior intensidade na Europa do que na China, bem como dos efeitos da competição militar intra-europeia sobre a evolução tecnológica e organizacional dos Estados.

Essa trajetória, sob perspectiva diversa, não se esgota nos séculos modernos. O século XX levou a lógica militar a um novo patamar, como essa seção abre. Se a guerra primitiva operava por destruição e escassez, e a guerra moderna pela racionalização logística e armamentista, a Grande Guerra fundiu esses elementos em um sistema bélico plenamente industrial. Nesse limiar nebuloso onde logística e soberania se fundem, onde a política se dissolve no metabolismo material da guerra, é precisamente aqui que a voz de Carl von Clausewitz ressurgue com urgência cáustica. Um arquiteto de conceitos cuja estrutura interpretativa nos arranca à miopia. Clausewitz oferece a chave para decifrar a guerra como fenômeno total, remetendo a um monstro que se alimenta da racionalidade férrea do Estado e é moldado até os ossos pelas condições materiais que o engendram. Justamente nesse abismo do século XX, onde a realidade da guerra total rasgou os véus, que seus postulados foram tensionados ao extremo.

Como já destacamos na seção anterior, Mahan via o poder marítimo como uma continuação da economia em outros termos. Era pelo mar que se projetavam os interesses

²⁰² Como coloca Andrade (2016), A pólvora foi inventada na China em algum momento durante o primeiro milênio d.C., e a tecnologia militar da dinastia Song atingiu um nível de sofisticação notável. Como destaca Andrade (2016), "o processo levou duzentos e cinquenta anos, de aproximadamente 1000 d.C., quando ocorreram as primeiras batalhas com pólvora, até cerca de 1250, quando os troncos de pólvora e os pássaros de fogo deram lugar aos primeiros canhões primitivos." A documentação histórica desse desenvolvimento é surpreendentemente clara, pois a China possui uma das historiografias mais contínuas do mundo, permitindo rastrear o surgimento de diversas armas com uma precisão notável para o período medieval. Além das armas de pólvora, os inventores chineses e seus vizinhos desenvolveram catapultas de longo alcance com maior precisão, novos tipos de bestas de repetição, enormes bestas de artilharia, lança-chamas com bombas de sucção de ação dupla e novas técnicas para forjar espadas, lanças e armaduras. No entanto, foi na Europa que a pólvora seria integrada a um modelo de guerra baseado na competição interestatal, na profissionalização dos exércitos e na crescente centralização do poder político. Como exemplificado pelo Estado da Borgonha. Sob o reinado de Filipe, o Audaz, a Borgonha, antes um poder periférico, transformou-se em uma das principais forças da Europa, em grande parte devido ao investimento em manufaturas de canhões e ao emprego sistemático da artilharia em campo de batalha. O modelo borgonhês de guerra demonstrou que a superioridade militar não dependia apenas da posse da pólvora, mas de sua integração em um aparato burocrático e logístico capaz de sustentar arsenais cada vez mais sofisticados e numerosos.

comerciais, e não raro, a própria sobrevivência das nações. Lambert (2023, p. 13-14) condensa essa ideia ao mostrar como o oceano funcionava como o teatro estratégico onde a lógica econômica encontrava expressão concreta. Do mesmo modo, Clausewitz enxergava na guerra a extensão da política, mas não apenas como instrumento, e como obra política em si, numa realidade histórica e material, que exige ser pensada em sua concretude, e não como abstração universal.

Tal noção é que, se a guerra fosse, de fato, uma expressão pura de força absoluta, como propõe a teoria em seu estado mais idealizado, seguiria uma escalada sem trégua, pois cada beligerante é compelido a empregar toda sua força destrutiva para prevalecer²⁰³. Contudo, essa guerra absoluta, seria profundamente condicionada por freios políticos e sociais e mediada por cálculos estratégicos em racionalidade dos objetivos, pois, quando o custo da luta ultrapassava o valor atribuído ao propósito político original, tornava-se racional encerrar o conflito:

A razão pela qual o propósito de guerra que surge em teoria é algumas vezes inadequado para o conflito real, é que a guerra pode ser de dois tipos diferentes, uma questão que já examinamos no primeiro capítulo. Se a guerra fosse o que a teoria pura postula, uma guerra entre Estados dotados de forças nitidamente desiguais seria um absurdo. Quando muito a disparidade material não poderia ir além do valor que os fatores morais pudessem substituir e, sendo como são as condições sociais na Europa atual, as forças morais não iriam muito longe. Mas as guerras têm sido de fato travadas entre Estados dotados de forças muito desiguais, porque muitas vezes a guerra real está muito longe do conceito puro postulado pela teoria. A incapacidade de continuar lutando pode, na prática, ser substituída por dois outros motivos para fazer a paz: o primeiro é a improbabilidade da vitória; o segundo é o seu custo inaceitável. Como vimos no primeiro capítulo, a guerra, se considerada como um todo, está fadada a afastar-se da rígida lei da necessidade básica, deslocando-se no sentido das probabilidades. Quanto mais as circunstâncias que deram origem ao conflito fizerem que ela faça isto, mais frágeis serão os seus motivos e as tensões que provocará. E isto torna compreensível como uma análise de probabilidades pode levar à própria paz. Nem todas as guerras precisam ser travadas até que um dos lados seja aniquilado. Quando os motivos e as tensões geradas pela guerra forem frágeis, podemos imaginar que a menor perspectiva de derrota pode ser suficiente para fazer com que um dos lados se renda. Se desde o início o outro lado sentir que isto é provável, ele obviamente se concentrará em provocar esta probabilidade, em vez de adotar o caminho mais longo e derrotar totalmente o inimigo. De influência ainda maior sobre a decisão de fazer a paz é a consciência de todo o esforço que já foi feito e do que ainda terá que ser realizado. Como a guerra não é um ato de paixão sem sentido, mas é controlada pelo seu propósito político, o valor desse propósito pode determinar os sacrifícios a serem realizados para atingi-lo, tanto em sua magnitude como também em sua duração. Quando o dispêndio de esforços ultrapassar o valor do propósito político, este deverá ser abandonado e a paz deverá ser a consequência inevitável” (Clausewitz, 2014, p. 95-96).

Esse cenário, porém, é uma “contradição” em relação à guerra total, representando uma reverência à moderação em meio ao caos. Tal estratégia, concebida para confrontos entre

²⁰³ em que “se isto estiver além dos seus meios, tornar os seus esforços tão intensos quanto possível. Mas o inimigo fará o mesmo. Novamente isto resultará numa competição e, puramente em tese, ela deverá obrigar vocês dois a chegarem a extremos” (CLAUSEWITZ, 2014, p. 78).

exércitos, revelou-se escassa diante da brutalidade da Grande Guerra e da complexidade das sociedades em conflito. Na esteira desse cenário caótico, emergiu a contrapartida da totalidade ou “ilimites” do conflito, que se aproximavam mais da ideia de guerras absolutas, forçando a nação a uma mobilização próxima de plena. Esta mobilização exigia da sociedade “*a sua militarização, com vista à luta de morte com que tinha de se confrontar*” através de uma “*unidade povo-exército e na chefatura única e total da nação*” (Duarte, 2005, p. 37).

A despeito disso, Bell (2007) argumenta que ela tem suas origens na queda do Antigo Regime (1789), no período pós-revolucionário, especialmente sob o governo jacobino e o Terror (1793-1794) e depois no mundo napoleônico (1799-1815), e não na Primeira Guerra Mundial. Sob o sistema aristocrático, os líderes militares viam seus adversários como iguais e honrados. No século XVIII, com o colapso desse aparelho e o Iluminismo, com sua visão progressista de uma sociedade humana em constante evolução rumo à civilização, à paz e ao comércio, paradoxalmente, gerou a espoleta de que, a guerra, sendo vista como bárbara, exigia a aniquilação dos inimigos considerados bárbaros, de modo que, para extinguir os conflitos, tornou-se aceitável recorrer à violência extrema em nome de uma última guerra que garantiria a paz definitiva (Bell, 2007, p. 82-83). Dado esse arranjo, mobilizando sociedades inteiras para o esforço bélico, não apenas por razões geopolíticas, se quisermos ser precisos, por uma transformação cultural profunda, subordinou valores civis a uma lógica de guerra permanente:

A nova forma dos exércitos franceses foi uma novidade crucial das guerras revolucionárias, mas também houve muitas outras. As apostas políticas ligadas às campanhas aumentaram enormemente. A linha entre combatentes e não combatentes, que as forças armadas pré-revolucionárias tanto fizeram para aguçar, tornou-se embaçada, tanto em relação às populações inimigas quanto ao que hoje chamaríamos de “frente doméstica”. A destruição absoluta do inimigo tornou-se um imperativo moral, aumentando a perspectiva de que o conflito se estendesse indefinidamente no futuro²⁰⁴. (Bell, 2007, p. 126)

Esse novo paradigma de guerra conteria seu ápice no Governo do Terror (1793-1794), quando as forças revolucionárias, adotaram medidas extremas para erradicar qualquer ameaça interna ao novo regime, na repressão à Vendéia (1793-1794)²⁰⁵. Entretanto, por mais brutal que

²⁰⁴ The new shape of the French armies was one crucial early novelty of the Revolutionary wars, but there were many others as well. The political stakes attached to campaigns increased enormously. The line between combatants and noncombatants, which pre-Revolutionary armed forces had done so much to sharpen, turned blurry, both in regard to enemy populations and to what we would today call the “home front.” The absolute destruction of the enemy became a moral imperative, raising the prospect of the conflict stretching out indefinitely into the future.

²⁰⁵ Segundo Bell (2011, p. 156-157), com mais de 25% da população local sendo exterminada em nome da “purificação política” e da defesa da Revolução, estabelecendo uma conexão direta entre a guerra e a política de eliminação total de qualquer inimigo potencial, seja militar ou civil: “De acordo com as estimativas mais confiáveis, de 220.000 a 250.000 homens, mulheres e crianças - mais de um quarto da população da região insurgente - perderam a vida lá em 1793-94. A principal campanha contra os exércitos camponeses “católicos e

tenha sido, esse episódio permaneceu restrito a uma escala geográfica específica. A magnitude da Primeira Guerra Mundial, a sua escala e a nova tecnologia militar envolvida criaram uma experiência de destruição e sofrimento de proporções inéditas, alterando irrevogavelmente as sociedades europeias. Contudo, do debate sobre qual seria a data da ruptura, a Europa revolucionária ou da Europa de políticas imperialistas estrangeiras das grandes potências para abertura dos porões para o mundo de guerras totalizantes, Bell (2007) apresenta uma definição de guerra total que nos leva a uma reflexão interessante. Embora seja difícil definir com precisão a "guerra total", pois, a mobilização completa dos recursos de uma sociedade, como guerra real, não pode corresponder a esse padrão ideal, ela seria um elemento útil para análise em termos políticos e culturais.

Nesse sentido, "guerra total" emergiu no imaginário público, especialmente após 1918, quando o político francês Léon Daudet o introduziu em sua obra *La Guerre Totale*, inspirado pelas experiências da batalha contra a Alemanha²⁰⁶ e popularizada por líderes como Georges Clemenceau, Primeiro-Ministro da França, e Erich Ludendorff, chefe de operações militares da Alemanha. Ela era forma de justificar um esforço de guerra “ilimitado”, que envolvia a mobilização de grandes exércitos, civis e recursos globais, valha a pena notar, exigia uma ideologia que demonizava o inimigo e legitimava ações extremas, como bloqueios e o uso de armas de destruição em massa, como coloca Rohkramer (1999, p. 189):

O termo guerra total surgiu em conexão com a Primeira Guerra Mundial como um slogan usado por participantes importantes como Georges Clemenceau e Erich Ludendorff para propagar ou justificar um esforço de guerra ilimitado. Posteriormente, ganhou uso mais amplo na política e em discursos mais teóricos porque parecia compreender as peculiaridades da guerra do século XX em contraste com as guerras anteriores: isto é, um tamanho crescente de exércitos, um escopo cada vez maior tendendo a uma escala global e a mobilização sistemática da "frente interna" para o esforço de guerra (produção em massa de armas, desenvolvimento científico da tecnologia de guerra, mobilização de todos os membros da sociedade), o que simultaneamente significava que combatentes e não combatentes ganhavam importância militar e, portanto, eram alvo de bloqueios ou armas de destruição em massa de amplo alcance. Como a população não consistia em peças de xadrez impotentes, essa mobilização "total" também exigia uma mobilização ideológica para justificar o imenso esforço. Um pensamento amigo e inimigo rígido que demonizava o inimigo (líderes e pessoas comuns) e levantava expectativas apocalípticas e

reais" da Vendée, que durou de março a dezembro de 1793, estabeleceu um novo padrão europeu em atrocidades. Então, no início de 1794, o general republicano LouisMarie Turreau enviou doze destacamentos de dois a três mil soldados cada um marchando pelo território em forma de grade, com ordens de torná-lo inabitável. Essas "colunas do inferno" queimaram casas e bosques, confiscaram ou destruíram estoques de alimentos, mataram gado e se envolveram em estupros, pilhagens e matanças em grande escala. Em alguns casos, eles mataram apenas rebeldes suspeitos. Em outros, como em La Flocelière, eles liquidaram homens, mulheres e crianças indiscriminadamente, incluindo "patriotas" que permaneceram leais à República, alegando que ninguém ainda viva na Vendée poderia ser verdadeiramente leal.”

²⁰⁶ definindo-a como por exemplo, define a guerra total como a “extensão da luta nas fases mais agudas e crônicas aos domínios político, econômico, comercial, industrial, intelectual, jurídico e financeiro” (Daudet, 1918, P. 8, Apud Dall’agnol; Dornelles Jr, 2017);

eufóricas parecia necessário para justificar o alto preço da guerra e as medidas desumanas tomadas²⁰⁷.

Quer dizer, se compreendermos a guerra total como uma ideologia política que, ao ser colocada em prática, enfrentou restrições materiais e sociais, seu efeito decisivo foi o de reestruturar o sistema internacional a partir da redefinição das relações entre Estados, economias e populações. De tal modo, o entre-guerras não aparece como mera pausa, mas como uma fase de transição instável em que essa nova lógica se aprofundava, como uma resposta sistêmica a perturbações iniciais, marcada por mobilização permanente, militarização da produção e transformação institucional contínua. Em vez de desaparecer com o armistício, a guerra total permaneceu operando como forma latente de organização política e econômica, moldando as dinâmicas do período e preparando o terreno para os conflitos que se seguiriam. Quão destaca Feldman (1999, p. 93), o crescimento econômico alemão antes da guerra estava alicerçado no aumento do comércio internacional e na estabilidade global. O empresariado alemão, habituado a buscar políticas favoráveis aos seus interesses, se assim se admite, pouco acostumado a assumir responsabilidades políticas diretas, subestimou as vulnerabilidades desse modelo²⁰⁸. Ocorre que a Alemanha se viu obrigada a recorrer à força para tentar preservar o que antes dependia da interdependência pacífica do comércio, uma contradição que não apenas marcou sua trajetória durante o conflito, e, a saber, que também definiria sua política econômica e militar nas décadas seguintes e essa mesma dimensão se pode pensar para o Japão.

Essa ideia foi mais adiante com Erich Ludendorff, general do exército alemão, que ressoava o sentimento de "punhalada nas costas", insinuando que a derrota do Império foi resultado de sabotagens aos esforços de guerra. Para ele, a paz era apenas "um intervalo" entre

²⁰⁷ The term total war came into existence in connection with World War I as a slogan used by leading participants such as Georges Clemenceau and Erich Ludendorff to propagate or justify an unlimited war effort. It subsequently gained wider usage in politics and in more theoretical discourses because it seemed to grasp the peculiarities of twentieth-century warfare in contrast to previous wars: that is, an increasing size of armies, a broadening scope tending toward a global scale, and the systematic mobilization of the "home front" for the war effort (mass production of weapons, scientific development of war technology, mobilization of all members of society), which simultaneously meant that combatants and noncombatants alike gained military significance and were thus targeted by blockades or wide-ranging weapons of mass destruction. Because the population did not consist of powerless chess pieces, this "total" mobilization also demanded an ideological mobilization to justify the immense effort. A rigid friend-enemy thinking that demonized the enemy (leaders and common people alike) and raised apocalyptic as well as euphoric expectations seemed necessary to justify the high price of war and the inhumane measures taken.

²⁰⁸ Como coloca, "Finally, is there any relationship at all between prewar industrial expansionism and wartime industrialist annexationism? The case study undertaken here suggests that the relationship lies not in a continuity of goals and ambitions but rather in the discontinuity of development produced by the war. Where continuity could be found was in German political culture, which had nurtured a business community habituated to the pursuit of interest politics and unused to taking political responsibility for its demands. Germany's extraordinary economic growth in the prewar period depended on increasing international trade and interdependence and on international stability. Businessmen expected the growth to continue and paid scant attention to the vulnerabilities of the system"

conflitos e, em 1935 que ele proferiu sua visão através de "*Der Totale Krieg*" - A Guerra Total". Delineando-a, conforme revelado por Soji (2011, p. 03), como uma *“forma de guerra que organiza e mobiliza não apenas a força militar, mas também as capacidades políticas, econômicas, técnicas e mentais (do povo) de um país, ou seja, todos os recursos materiais e humanos, em toda a extensão para o propósito da guerra, a fim de vencer a guerra”*²⁰⁹

Em 1938, uma versão traduzida de *Der totale Krieg* emergiu no Japão, batizada de Kokka Soryokusen (Guerra Nacional Total) em um encontro fortuito com a promulgação da Lei de Mobilização Nacional, fomentada pela ampliação do conflito Sino-Japonês²¹⁰ ao passo que, oficiais militares, como descrito por Barnhart (1987) lançavam um olhar retrospectivo, seguindo os passos de Ludendorff, buscando compreender o verdadeiro significado da então Grande Guerra e se preparar para os desafios que estavam por vir. Com essa chave, grande parte das tensões advinha justamente dessas encarnações de fragilidade do sistema global, visíveis sempre que as “torneiras” materiais, como o petróleo, quer institucionais, como os tratados e as alianças, eram abruptamente fechadas ou redirecionadas. O desmembramento do Império Otomano ao final da Primeira Guerra Mundial expressa esse movimento de forma particularmente clara:

Com suas indústrias de carvão em crise e a demanda por petróleo aumentando nos setores comercial e militar, os principais governos do mundo emergiram da guerra com uma intensa determinação de obter acesso às reservas de petróleo. Por não terem suprimentos domésticos de petróleo, os governos e empresas europeus em particular iniciaram um esforço conjunto para assumir o controle do fornecimento de petróleo estrangeiro assim que puderam. Uma nova e importante abertura ocorreu com o colapso do Império Otomano no final da Primeira Guerra Mundial. Como o império se aliou à Alemanha e às outras potências do Eixo durante a guerra, foi tratado como um inimigo derrotado nas negociações do pós-guerra. Os vencedores europeus, impulsionados por uma nova determinação de obter acesso ao petróleo da região, lutaram entre si pelo desmembramento do Império Otomano²¹¹ (Podobnik, 2006, p. 110)

²⁰⁹ form of war that organizes and mobilizes not only military strength but also political, economic, technical and (people's) mental capabilities of one country, that is to say, all material and human resources, to the fullest extent toward the purpose of war in order to win the war

²¹⁰ Contudo, antes desses eventos, segundo Soji (2011), a primeira delimitação clara do conceito de "guerra total" no Japão pré-guerra foi delineada pelo então tenente-coronel Tatsuhiko Takashima, em sua obra "*Sumera Ikusa*" (Guerra Imperial). Nesse tratado, Takashima esboçou a Guerra Total como "war that depends on organic total power such as the military strength, politics, economy and thoughts in contrast with traditional wars" and particularly emphasizes its characteristic as "comprehensive mechanism exercised by the harmoniously-combined organic binding state" (SOJI, 2011, p. 04)

²¹¹ With their coal industries in crisis and demand for oil rising in commercial and military sectors, the world's leading governments emerged from the war with an intense determination to gain access to oil reserves. Because they lacked domestic oil supplies, European governments and companies in particular began a concerted effort to seize control of foreign oil supplies as soon as they were able to do so. A major new opening occurred with the collapse of the Ottoman Empire at the end of the First World War. Because the empire had allied itself with Germany and the other Axis powers during the war, it was treated as a defeated enemy in postwar negotiations. The European victors, driven by a new determination to gain access to the region's oil, fought with each other over

Diante da crescente demanda por petróleo e da incapacidade europeia de suprir-se com fontes internas, os Estados vencedores da guerra não hesitaram em disputar entre si o controle político dos territórios outrora subordinados ao domínio otomano. Essa lógica, por sua vez, não se limitaria ao espaço otomano, ao contrário, tornava-se uma fórmula recorrente nos anos seguintes através Alemanha e Japão na dificuldade de participar plenamente de um sistema que, embora formalmente aberto, apresentava barreiras. Essa espécie de desconexão forçada ou condicionada, será tangenciada mais adiante nas dificuldades materiais para sustentar seus projetos internos de crescimento e expansão. Entretanto, antes de avançar, importa observar como a ideia de conectividade, tantas vezes associada à superação técnica dos entraves físicos ao transporte, manifesta-se, na prática, como um fenômeno profundamente sensível às reações políticas.

2.3.2 Conectividade Técnica e Fragmentação Política

A Guerra Total aparece, portando, como propriedade sistêmica: extravasou a doutrina militar para desagregar violentamente os circuitos do comércio. Transformou não apenas a guerra, mas a própria arquitetura da paz, expondo a tensão fulcral nas trocas internacionais, onde segurança e vulnerabilidade coexistem em equilíbrio precário. Essa desestabilização das rotas tradicionais desnuda o comércio como fenômeno intrinsecamente político, nunca neutro. Se antes (Parte I) mapeamos a expansão dos transportes e conectividade global, agora vemos: essa rede não brota em solo virgem, *ex hypothesi*, nas fraturas geopolíticas, moldada por decisões de guerra e paz que definem quem flui e quem bloqueia. A Revolução dos Transportes, como vimos, entregou ao mundo moderno uma infraestrutura capaz de sustentar fluxos globais de mercadorias e pessoas, ou melhor, energia para sustentar complexidade industrial. Às avessas, mesmo com a hegemonia do vapor, a abundância do carvão e rotas oceânicas padronizadas, os custos do frete permaneceram altos e imprevisíveis, oscilando violentamente diante de crises políticas e ameaças à circulação. O progresso tecnológico, por si só, não estabiliza o sistema, e tampouco paralisa as disputas que o acomodam.

Os valores de frete, como bem apontou Menard (1991, p. 244), são menos um termômetro do progresso e mais um sismógrafo das rupturas que se impõem ao comércio:

A guerra e, de forma mais geral, a segurança no mar, desempenharam um papel importante. O impacto da guerra é facilmente observável nas taxas de frete e é responsável por grande parte de sua volatilidade de curto prazo. De fato, ao longo do início da era moderna, as mudanças de curto prazo nas taxas de frete foram muito

the dismemberment of the Ottoman Empire. Within a few years British and French companies had seized control over most of the known oil fields in the region, and they managed these resources with little consultation from indigenous authorities.

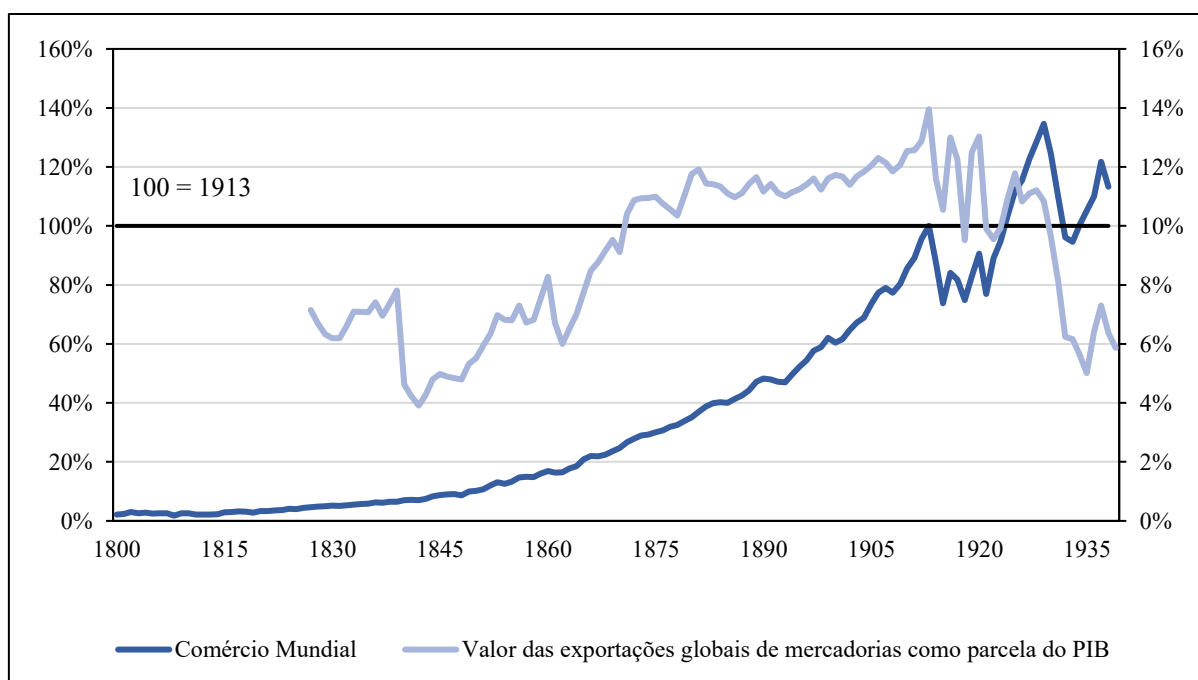
maiores do que as mudanças seculares ao longo de um século ou mais, porque a eclosão da guerra dobrou e triplicou os fretes em questão de meses ou mesmo semanas, mas o fim das hostilidades os devolveu aos níveis anteriores em tempos de paz com a mesma rapidez. A guerra aumentou o risco de comércio, adicionando o perigo de captura aos perigos já consideráveis das viagens oceânicas. Comerciantes e transportadores do comércio de vinho responderam a esses riscos de várias maneiras, todas tendendo a aumentar os custos de transporte. Eles navegavam em grupos em vez de individualmente, às vezes em comboios do governo, às vezes em associações informais, o que prolongava as viagens e aumentava os tempos nos portos porque todos tinham que esperar pelos velejadores e carregadores mais lentos. Eles carregavam armas e homens adicionais para fins defensivos, aumentando assim os custos de capital e mão de obra²¹²

Essa descrição remete a um mundo pré-industrial, e, para efeitos de raciocínio, podemos ver que sua lógica permanece ativa mesmo diante dos avanços técnicos subsequentes. Pois, seria correto afirmar que integração econômica esteve subordinada à proteção dos fluxos, e não o contrário. Essa sensibilidade estrutural da circulação marítima diante da guerra e da instabilidade geopolítica encontrou expressão empírica nos dados de comércio do entreguerras. Como Findlay e O'Rourke (2007) demonstram, o volume do comércio mundial cresceu em um terço entre 1924 e 1929, impulsionado por uma breve janela de recomposição econômica e rearticulação dos fluxos de capitais e mercadorias. No contrafluxo do raciocínio anterior, essa expansão revelou-se altamente vulnerável ao ambiente político: nos três anos seguintes, todo o crescimento acumulado foi revertido, marcando o retorno a patamares anteriores e, lícito afirmar, a fragilidade das bases sobre as quais repousava a globalização do período. Uma recuperação parcial e gradual estendeu-se até 1937, sem jamais superar o pico de 1929, sendo posteriormente interrompida por um novo declínio em 1938 e, em seguida, por um colapso profundo.

²¹² warfare and, more generally, security at sea, played a major role. The impact of war is readily observable in freight charges and accounts for much of their short-run volatility. Indeed, throughout the early modern era, short-term shifts in freight rates were much larger than secular changes over a century or more because the outbreak of war doubled and tripled freights in a matter of months or even weeks, but the end of hostilities returned them to earlier, peacetime levels just as quickly.³⁹ War increased the risk of trade by adding the danger of capture to the already considerable perils of ocean travel. Merchants and shippers in the wine trade responded to those risks in several ways, all tending to raise the costs of transport. They sailed in groups rather than singly, sometimes in government convoys, sometimes in informal associations, which lengthened voyages and increased port times because all had to wait for the slowest sailers and loaders.⁴⁰ They carried additional guns and men for defensive purposes, thus raising capital and labor costs

Como mostram os gráficos 14 e 15, tomando como referência o ano de 1913, antes da Primeira Guerra Mundial, o comércio global passou por uma transformação impressionante ao longo do século XIX. No início desse século, ele representava apenas dois por cento da produção mundial. Já em meados do período, esse número havia subido para dez por cento e, no início do século XX, alcançava cerca de sessenta por cento do volume que viria a ter. Essa expansão esteve diretamente ligada à queda dos custos reais de frete, que passaram de cento e vinte e dois por cento entre 1870 e 1874 para sessenta e seis por cento entre 1905 e 1909. O comércio mundial cresceu de forma exponencial e, em 1900, já era trinta vezes maior do que em 1800. Com a eclosão da guerra, essa trajetória foi interrompida. Os custos de frete dispararam, chegando a duzentos e vinte e três por cento em termos ajustados e quase seiscentos por cento em termos nominais.

Gráfico 14 - Relação entre comércio mundial e o valor das exportações pelo PIB (1800-1938)

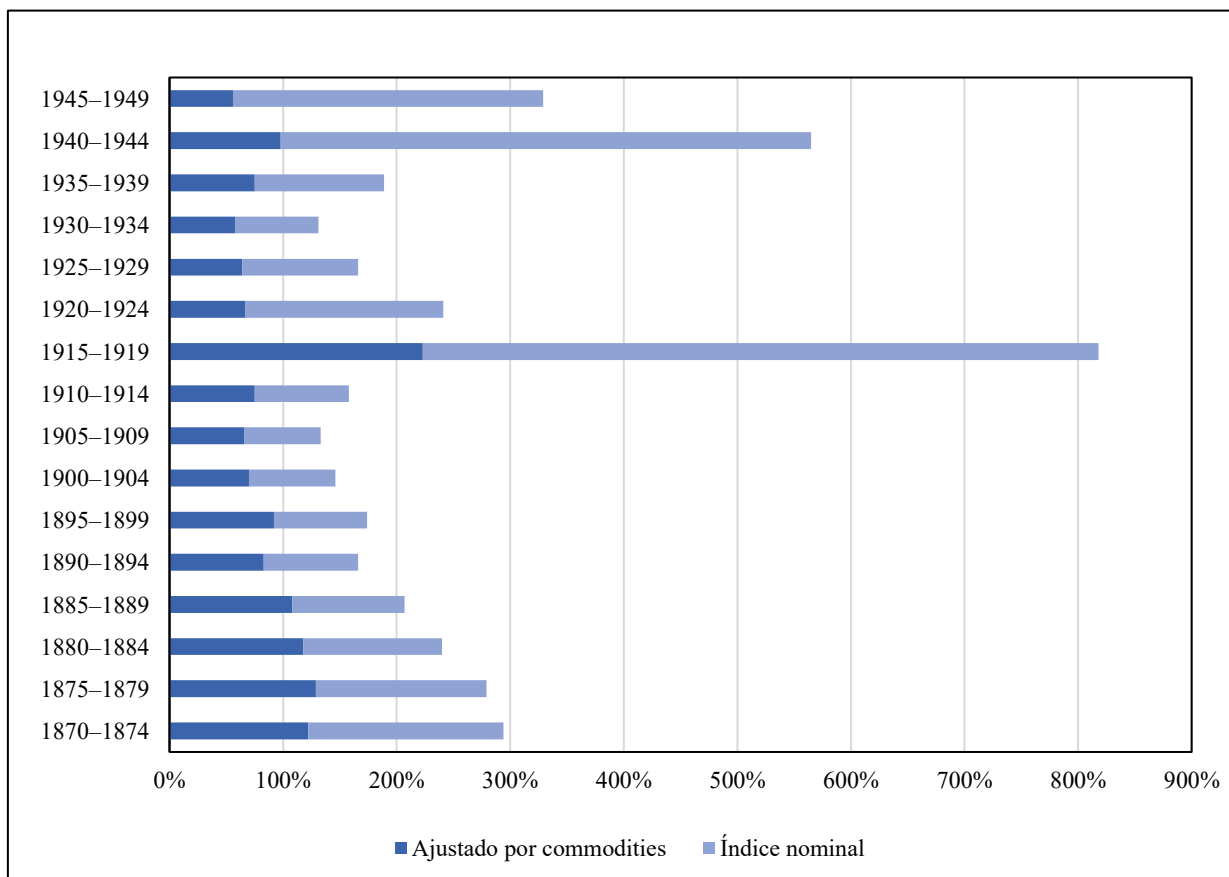


Fonte: Adaptado com dados de Fouquin e Hugot (2016) e Federico and Tena-Junguito (2016)

Como já indicamos no início da seção, o comércio mundial encolheu. Mesmo após o conflito, durante o período entre as duas guerras, o frete nominal continuou instável, com cento e setenta e quatro por cento entre 1920 e 1924 e cento e dois por cento entre 1925 e 1929. O comércio chegou a se recuperar ao longo da década de 1920, alcançando quase cento e trinta e cinco por cento em 1929, ao passo que, voltou a cair com a Grande Depressão, chegando a noventa e cinco por cento em 1933. Nesse mesmo período, o frete real estava em torno de cinquenta e oito por cento. Já durante a Segunda Guerra Mundial, o frete nominal subiu

novamente, atingindo quatrocentos e sessenta e sete por cento entre 1940 e 1944, com novos bloqueios navais desarticulando as redes comerciais que haviam começado a se recompor.

Gráfico 15 - Índices globais de taxas de frete nominais e reais (1884 = 100%)



Fonte: Elaboração própria com dados de Shah Mohammed e Williamson (2004, tabela 3, p.188)

Podemos dizer, desse modo, que há uma associação entre o barateamento dos fretes, a natureza da conectividade técnica de cada época e o crescimento do comércio global em relação ao produto mundial, associação que, embora sujeita a rupturas, sustenta uma lógica de fundo bastante clara. Em primeiro lugar, a queda nos custos de transporte marítimo, sobretudo entre 1820 e 1913, coincidiu com um aumento contínuo da participação do comércio no PIB, o que se deve à introdução do vapor e da tração ferroviária e ao seu lado, à existência de um ambiente internacional relativamente estável. À sombra, entre 1914 e 1945, mesmo os ganhos técnicos acumulados nas décadas anteriores deixaram de produzir efeitos diretos sobre o comércio. Os motores a diesel e os navios mais rápidos coexistiram com fretes elevados e retração do comércio, pois a continuidade das trocas passou a depender, em primeiro lugar, das condições políticas e militares.

Juntando desde o início, a história que contamos até aqui se desdobra em duas camadas que se conversam, como propomos na tabela 8 abaixo. A despeito da infraestrutura material e

sua capacidade de ampliar a conectividade, agora fica claro que essa expansão nunca foi linear, mas constantemente tensionada por fatores críticos, esbarrando em limites impostos por energia e pela geopolítica. Na Parte I desta dissertação, ao chegar ao seu final, os ganhos de eficiência pareciam prometer uma globalização irreversível. Na fase orgânica (1500-1820), a limitação de navios a vela e a dependência de energia animal mantiveram o comércio global estagnado e restrito a bens de luxo.

A era do vapor (1820-1913) trouxe uma disjunção, saltando e integrando commodities básicas em cadeias globais. Contudo, o período 1914-1945 revelou a fragilidade desse sistema: A eficiência técnica esbarrou na geopolítica, em que mesmo com navios a diesel, as guerras mundiais e crises financeiras e instabilidade colapsaram o comércio para 10% e os fretes, tomado ao exemplo britânico, atingiram picos de 5,95 (1919) e 4,67 (1944). O frete, como já apontamos, é menos um termômetro da eficiência e mais um sintoma das pressões que deformam o sistema, seja pela escassez energética (1500-1820), pelas guerras (1914-1945) ou pelos jogos de poder (1920-1939). Expõe, portanto, o mecanismo central de nossa tese e os argumentos desenvolvidos na Parte II, nos quais os avanços encontram barreiras políticas.

Tabela 8 – Síntese periódica da conectividade Técnica e Fatores Críticos

	Conectividade	Comércio (% PIB)	Índice de Frete	Fator Crítico
1500-1820	Vela	2% / 9,5%		Energia orgânica
1820-1870	Vela/Vapor	9,5% / 17%		Energia Fóssil
1870-1913	Vapor	17% / 29%	1,72 / 0,67	Energia Fóssil
1914-1919	Vapor	29% / 22%	0,83 / 5,95	Guerra Total
1920-1939	Diesel	22% / 13%	1,74 / 1,14	Geopolítica
1940-1945	Diesel	13% / 10%	4,67	Guerra Total

Fonte: Elaboração própria 2025.

Desse modo, ao nos aproximarmos do encerramento, é possível trazer que a conectividade tecnicamente viável, entre os traços de que expansiva e, por vezes, fulgurante, não se traduz automaticamente em sustentabilidade sistêmica. O que se observa, ao contrário, é a formação de padrões próprios no momento em que o sistema alcançou energia para comportar-se como rede complexa e, ao mesmo modo, como sistema adaptativo, com extrema sensibilidade a perturbações. Dessa constatação, decorre outra evidência, que poderíamos dizer que quanto mais complexa a rede, maior sua exposição a rupturas e a capacidade das unidades em se adaptar a essas perturbações, que na sua linguagem, *ipsis verbis*, é do que a geopolítica e o poder, como historicamente segue o domínio marítimo:

Qualquer interrupção do comércio marítimo é fatal, como cada hegemonia e aspirante a hegemonia, por sua vez, descobriu. Os reis combinados de Portugal e Espanha perderam o controle dos mares para os ingleses e holandeses no final dos anos 1500. Os holandeses perderam progressivamente o domínio mercantil para a Inglaterra no final dos anos 1600. A capacidade de construção naval britânica foi severamente reduzida no final dos anos 1700, quando treze das colônias americanas foram separadas do Império Britânico com a ajuda francesa. Finalmente, os barcos submersíveis diesel-elétricos alemães representaram um desafio intenso para a hegemonia britânica na Primeira e Segunda Guerras Mundiais, e os submersíveis dos EUA foram um fator importante no bloqueio da oferta do Japão após 1941²¹³ (Hurgil, 1994, p.38)

Dito de outro modo, que se trata de uma rede atravessada por uma variável exógena, do poder de garantir e manter as conexões logísticas, que, na modernidade, tem se manifestado predominantemente por meio da projeção naval, do declínio luso-espanhol no século XVI ao bloqueio japonês no século XX. No plano oposto, se assumimos, como fizemos ao longo da Parte I, que conversores energéticos de potências mais altas permitem bifurcações sistêmicas, na prática, saltos de complexidade social que requerem não apenas energia disponível. Bem como, se estivermos certos ao assegurar que a densidade de potência disponível dentro das fronteiras nacionais impõe limites aos arranjos institucionais e às formas superiores de organização social. Isso ocorre porque essas bifurcações não produzem estados estáveis espontaneamente. Ao contrário, exigem energia adicional e estruturas externas de estabilização, como o comércio internacional e, dele, o controle das rotas marítimas. Portanto, não basta observar os casos bem-sucedidos, é preciso confrontá-los com aqueles que tentaram, mas não conseguiram sustentar seus próprios saltos de complexidade.

Ao longo destas páginas, recorreremos repetidamente ao caso britânico, por ele nos oferecer a trajetória vitoriosa de uma sociedade que conseguiu, passo a passo, articular o acúmulo energético, a expansão comercial e a estabilização geopolítica. Porém, reconhecer essa trajetória como exemplar não nos autoriza a tomá-la como única. Por isso, decidimos dar um passo metodológico adicional antes de esboçamos as conclusões, de revisitar, em chave comparativa, os casos de Alemanha e Japão. Essa análise, num alcance ampliado que sucinta, abre uma agenda para investigações futuras, pois, esses casos formam o cerne da formulação da nossa pergunta central, ao evidenciar as vulnerabilidades econômicas como energéticas associadas a suas respectivas condições territoriais.

²¹³ Any disruption of seaborne trade is fatal, as each hegemon and would-be hegemon has, in turn, found out. The combined king- doms of Portugal and Spain lost control of the seas to the English and Dutch in the late 1500s. The Dutch progressively lost mercantile dominance to England in the late 1600s. British shipbuilding capacity was severely reduced in the late 1700s, when thirteen of the American colonies were detached from the British Empire with French assistance. Finally German diesel-electric submersible boats posed an intense challenge to British hegemony in World Wars I and II, and U.S. submersibles were a major factor in blocking Japan's bid after 1941.

Ambos tentaram, a seu modo, fazer o mesmo percurso, de acumular energia, organizar complexidade, projetar poder, e ainda que assim, tropeçaram diante de restrições materiais e escolhas estratégicas que os colocaram em rota de colisão com os limites do sistema internacional. Isso é parte constitutiva de nossa hipótese. Nesses três casos, cada qual com sua história e grau de violência, reaparece a mesma equação de sociedades que crescem para além de sua capacidade energética interna devem escolher entre três caminhos. Ou conquistam o mar e asseguram a continuidade dos fluxos, como fez a Inglaterra; ou tentam mecanizar e conquistar pela força, como tentou o Japão; ou, por fim, planejam a redistribuição compulsória da produção alheia, como fez a Alemanha. Em qualquer dos casos, o ponto de partida é o mesmo, ou seja, do solo nacional já não basta.

2.3.3 Três Respostas à Crise Energética e à Expansão sob Restrições

Os casos da Alemanha e do Japão, embora centrais para nossa investigação, representam apenas o ponto de partida a partir do qual buscamos construir uma compreensão mais ampla e integrada das dinâmicas energéticas e econômicas globais. Estes exemplos, repletos de particularidades históricas e estratégicas, foram úteis para fundamentar nossas reflexões iniciais, mas a análise desenvolvida ao longo do trabalho ultrapassou os limites específicos desses processos, avançando para uma abordagem mais geral e estruturante. Antes de concluirmos, contudo, abriremos uma subseção especial dedicada a confrontar esses casos entre si e com o arcabouço teórico desenvolvido, a fim de evidenciar os contrastes e complementaridades que permitem iluminar as complexas interações entre energia, poder e vulnerabilidades sistêmicas.

Essa etapa final visa fechar o ciclo da dissertação, pese quanto pese, também expandir as perspectivas, preparando o terreno para futuras investigações que possam aprofundar ainda mais essas relações. Por centrifugação, separando, *ex-ante* os elementos estruturais (acesso a carvão, rotas coloniais, capital acumulado) dos conjunturais (vontade política, inovações táticas), candidatos tardios em replicar *ex-post* essa trajetória, pode-se dizer que exigia não tão-só copiar instituições Era, na verdade, recriar condições históricas já metabolizadas pelo sistema internacional em um contexto em que energia e avaliação estratégica operavam sob novas restrições ecológicas e geopolíticas.

Entre 1760 e 1851, coloca Thomas (1985) a Inglaterra viu sua produção agrícola crescer 0,44% ao ano enquanto a população avançava a 1,36%, uma equação insustentável em termos internos. Ao invés de expandir lavouras, transformou o comércio, ancorado por sua marinha, em um mecanismo de importação de terras à distância. Com isso, projetou-se como potência,

pois ao garantir os fluxos, garantiu também o crescimento sem ruptura. Da mesma forma que, colocam Smil e Kobayashi (2012, p. 14), entre 1900 e 2000, o Japão aumentou em 2,4 vezes sua produtividade de arroz, mas, viu a população crescer mais de 2,9 vezes²¹⁴. Modernizou-se, mecanizou-se, e, em tensão relativa, à custa de petróleo importado. Sem o domínio do mar, sua cadeia era longa demais e sua autonomia curta demais. Tentou conquistar petróleo à força e teve o colapso por sobrecarga energética.

A Alemanha, por sua vez, passou por uma trajetória que, embora distinta, compartilha a mesma tensão entre densidade populacional, produtividade agrícola e acesso aos fluxos energéticos. Os dados analisados por Federico (2004), bem como os alertas de economistas alemães do século XIX, indicam que, apesar de episódios pontuais de aumento de produtividade agrícola (por exemplo, taxas de crescimento da produção superiores a 1,5% ao ano em certos períodos entre 1800 e 1870), o crescimento populacional sistematicamente superava a capacidade de geração de excedentes.

A noção de *"superpopulação agrária"*, como coloca Innerhofer (2011), presente nos debates da época, dizia respeito ao fato de que, quanto mais crescia a população agrícola, menor se tornava o excedente disponível para abastecer as cidades. As esperanças de importar grãos da Europa Sudeste também se mostravam frágeis, dado que o crescimento demográfico local, estimado em cerca de 200 mil pessoas por ano, consumia progressivamente o potencial exportador da região. Nessa direção, ao longo do século XX, a Alemanha encontrou-se diante da constatação de que não poderia contar com o comércio regular para alimentar sua população e sustentar sua base industrial, essa que foi traduzida, na lógica do planejamento econômico nazista, em políticas explícitas de redução do consumo nas áreas ocupadas²¹⁵.

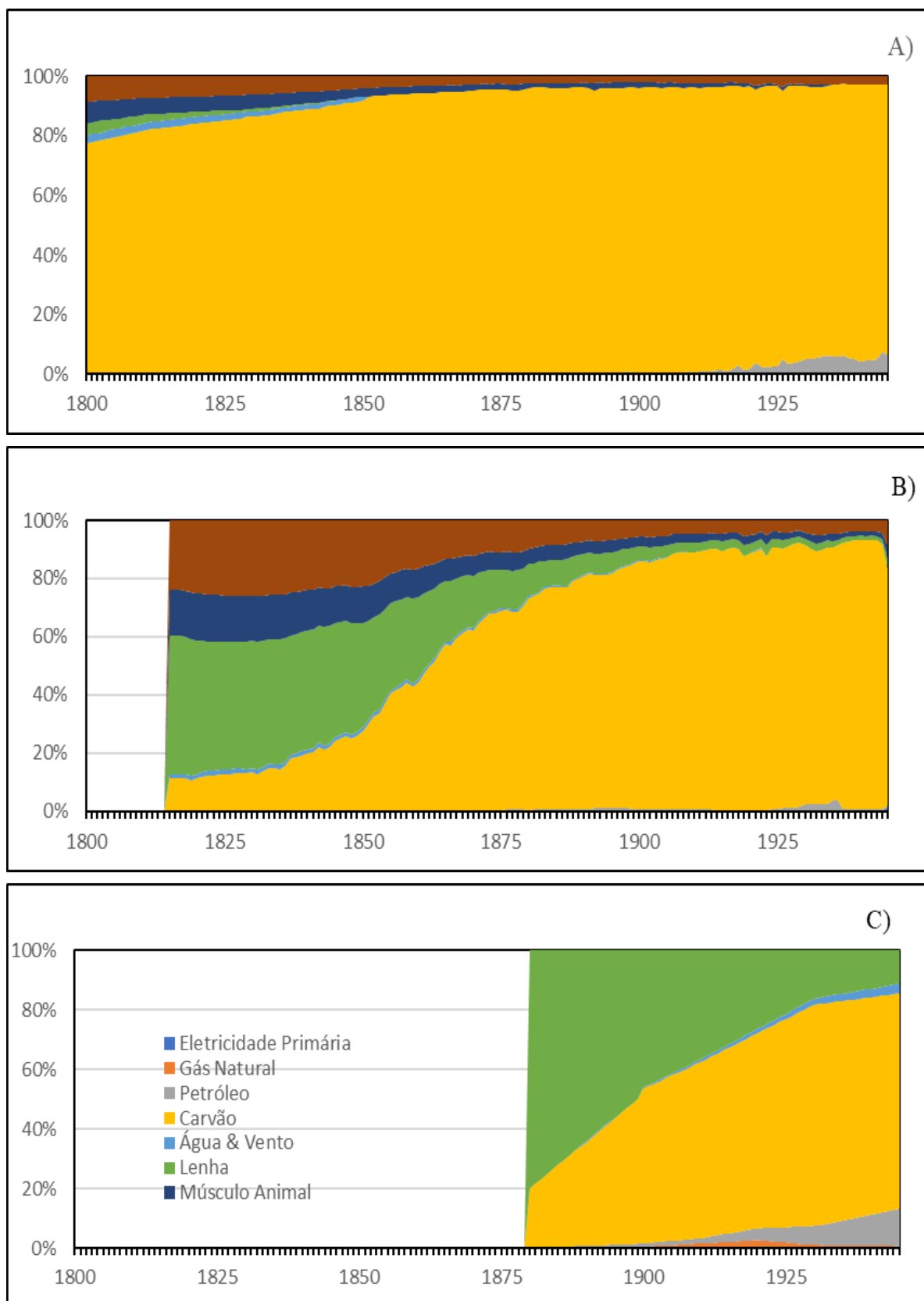
Ambos desses estados fizeram a transição energética, cada qual com sua velocidade, como traz o conjunto de gráficos 16. O Reino Unido de 1800 a 1850, possui domínio absoluto do carvão, atingindo 94% da matriz e declínio rápido de fontes tradicionais como lenha e músculo humano e animal. Para Alemanha, somente de 1850 a 1900 que o carvão passa dominar

²¹⁴ Como mostram na avaliação geral que fazem da evolução da dieta japonesa, "In 1900 the average yield of husked rice was about 2.25 tonnes per hectare, by 1940 it was just short of 3 tonnes per hectare, and postwar improvements in plant breeding, agronomic management and nutrient supply lifted the mean above 4 tonnes per hectare by the late 1960s; the century ended with harvests averaging about 5.0 to 5.4 tonnes per hectare. Initially, these gains relied on highly labor-intensive cropping (as many as 300 days per hectare in the early 1900s and still as many as 200 days by 1940), but after the war, mechanization of fieldwork and the switch from organic to synthetic fertilizers reduced the inputs to just 500 hours per hectare by 1990 (International Rice Research Institute 2009a). Although the average yield of Japanese paddy rice rose 2.4 times during the twentieth century, that rate was lower than the 2.9 fold increase of the country's population" (Smil; Kobayashi, 2012, p. 14)

²¹⁵ Como nota Gerlach (1999), a escassez de grãos foi um efeito colateral e uma variável integrada ao planejamento. Esperava-se deliberadamente a fome como instrumento de liberação de excedentes, o que revela que, quando o comércio fracassa, os fluxos podem ser forçados, mesmo ao custo do extermínio.

a matriz, atingindo 85%, substituindo lenha, que cai de 35,7% para 4,8% e o carvão se mantém predominante, mesmo com crise pós-Primeira Guerra. No caso japonês, a trajetória é mais tardia e fragmentada. Entre 1880 e 1900, a biomassa ainda domina, embora rapidamente substituída por carvão, cuja ascensão é interrompida na década de 1940, quando o petróleo avança, porém sem suplantiar a estagnação da matriz, fortemente dependente de importações.

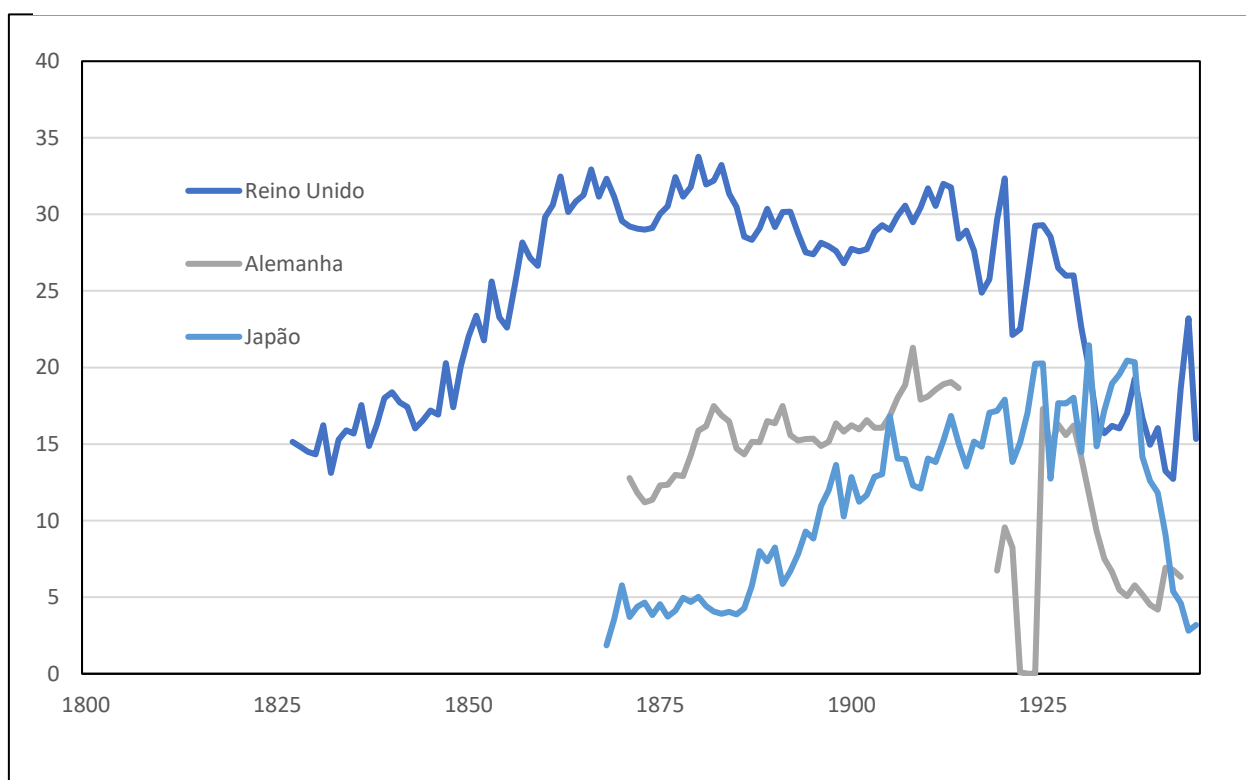
Gráfico 16 - Participação por fonte de energia de longo prazo em porcentagem de consumo no Reino Unido (A), Alemanha (B) e Japão (C) de 1800-1950



Fonte: para Reino Unido (1800–1950) e Alemanha (1815–1950): Transições energéticas de longo prazo – História da Energia (Harvard, 2016). Para Japão: Long History of Energy Consumption in Japan (Energy Data and Modeling Center, 2017) e Ashina (2017).

Entretanto, essas transições não podem ser olhadas isoladamente, segundo se depreende, por exemplo do que seria complexidade com o movimento rumo a urbanização: o Reino Unido urbanizou-se 3 vezes mais rápido que o Japão e 2 vezes mais que a Alemanha²¹⁶, sustentada por um império marítimo e um comércio exterior estabilizado entre 25% e 30% do PIB, mesmo em momentos de convulsão global, como levanta o gráfico 17. A Alemanha colapsou para 0,08% em 1922 (hiperinflação) e 5% nos anos 1930, e o Japão, por trás de saltar de 5% em 1870 para 20% em 1930, viu suas importações despencarem para 3% em 1945 com o bloqueio aliado.

Gráfico 17- valor dos bens importados como parcela do PIB



Fonte: Adaptado com dados de Fouquin e Hugot, 2016

2.3.3.1 Entreguerras: Desconexão do Sistema

Caso voltamos ao início sobre o que diz Tainter (1988), as soluções nesse período a lidar com os custos da complexidade ao nível industrial atingido foi o de mais terra diretamente, expansão, do que o seu acesso virtual. Enquanto as potências coloniais europeias puderam utilizar seus impérios para garantir o acesso a recursos e mercados, as potências tardias

²¹⁶ Usando os mesmo dados, parte I sobre urbanização (HYDE, 2023), em 1940, o Reino Unido era 75,6% urbano, enquanto Alemanha 53,2% e Japão 30%. Porém, O Reino Unido, em 1850, já era 45,5% urbano, a Alemanha tinha apenas 14,3% e o Japão 6,4%. A expansão urbana alemã é de só ocorre com a expansão industrial de 1870-1914 que cresce 30%, Urbanização acelerada, mas incompleta, com 53,2% em 1940. No Japão, de 1870-1900, salto de 5% para 20,9% urbano e de 1900 a 1940 crescimento mais lento, na casa dos 9%.

enfrentavam crescentes restrições à imigração, ao comércio e ao acesso direto a fontes de energia, sendo frequentemente excluídas da partilha dos benefícios sistêmicos. Findlay e O'Rourke (2007, p. 452-53) chamam atenção que, enquanto o século XIX assistiu à construção de um regime global articulado pelo livre-comércio, o período do entreguerras foi marcado por uma crescente fragmentação do espaço econômico, com tarifas, controles e disputas territoriais sem os canais anteriormente abertos ao império anglo-saxão, ao caso direto do Japão:

As "regiões de colonização recente" recusaram a imigração japonesa, e a proteção em outros lugares significava que as exportações e, portanto, a capacidade de importar, também pareciam ameaçadas. No contexto do século XIX relativamente pacífico e liberal, a Marinha Real conseguiu garantir os interesses britânicos mantendo um regime comercial relativamente aberto para todos, mas essa não era uma opção atraente no contexto da década de 1930 cada vez mais perigosa. O cenário estava montado para o exército japonês assumir gradualmente o controle do país, uma vez que o imperialismo parecia uma maneira de garantir suprimentos adequados de produtos primários em um mundo em que a divisão internacional do trabalho estava se desintegrando. Em setembro de 1931, os japoneses conquistaram a Manchúria, estabelecendo um estado fantoche lá no ano seguinte, e retirar-se da Liga das Nações em 1933. O Leste e o Sudeste Asiático estavam agora em uma estrada que acabaria por levar à guerra, e à "Grande Esfera de Co-prosperidade do Leste Asiático" japonesa²¹⁷.

Ou por outra, McNeill e McNeill (2003, p. 293-94) identificam o período como o próprio afrouxamento da rede global. A retração dos fluxos comerciais, intensificada pela Grande Depressão e pelos bloqueios estratégicos impostos pelas potências anglo-saxônicas, criou um ambiente no qual certas nações buscaram escapar da interdependência global para estabelecer sistemas autossuficientes de produção e consumo:

Mas a consequência mais importante da virada para a autarquia na década de 1930 foi que ela tornou os Estados expansionistas, especialmente aqueles sem impérios ultramarinos. Para se livrar de importações que pareciam ruinosamente caras em tempos de paz e (sugeria a experiência da Primeira Guerra Mundial) não seriam confiáveis na guerra, fazia sentido adquirir mais território e recursos, ou, no caso das potências imperiais, extrair mais do que já se tinha. A Grã-Bretanha e a França tentaram obter mais de seus impérios existentes. Eles queriam desenvolver as exportações de minerais e alimentos de suas colônias africanas e asiáticas, o que exigia intervenções mais profundas na vida cotidiana. (...) Enquanto isso, Itália, Alemanha e Japão perseguiram impérios próprios. Todos eles careciam de recursos cruciais necessários para uma economia autárquica, especialmente o petróleo. A Itália buscou um império no Mediterrâneo e no Chifre da África, uma busca que levou à conquista da Etiópia em 1935-36, apagando a humilhação de 1896. A Alemanha construiu um império econômico no sudeste da Europa, atraindo países menores para acordos comerciais exclusivos e, em 1938-39, anexou politicamente a Áustria e a

²¹⁷ The "regions of recent settlement" refused Japanese immigration, and protection elsewhere meant that exports, and hence the ability to import, seemed threatened as well. In the context of the relatively peaceful and liberal nineteenth century, the Royal Navy had been able to ensure British interests by maintaining a relatively open trading regime for all, but this was not an appealing option in the context of the increasingly dangerous 1930s. The stage was thus set for the Japanese army to gradually take control of the country, since imperialism seemed like one way to secure adequate supplies of primary products in a world in which the international division of labor was breaking down.¹⁵ In September 1931, the Japanese conquered Manchuria, setting up a puppet state there the following year, and withdrawing from the League of Nations in 1933. East and Southeast Asia were now set on a road that would eventually lead to war, and the Japanese "Greater East Asia Co-prosperity Sphere."

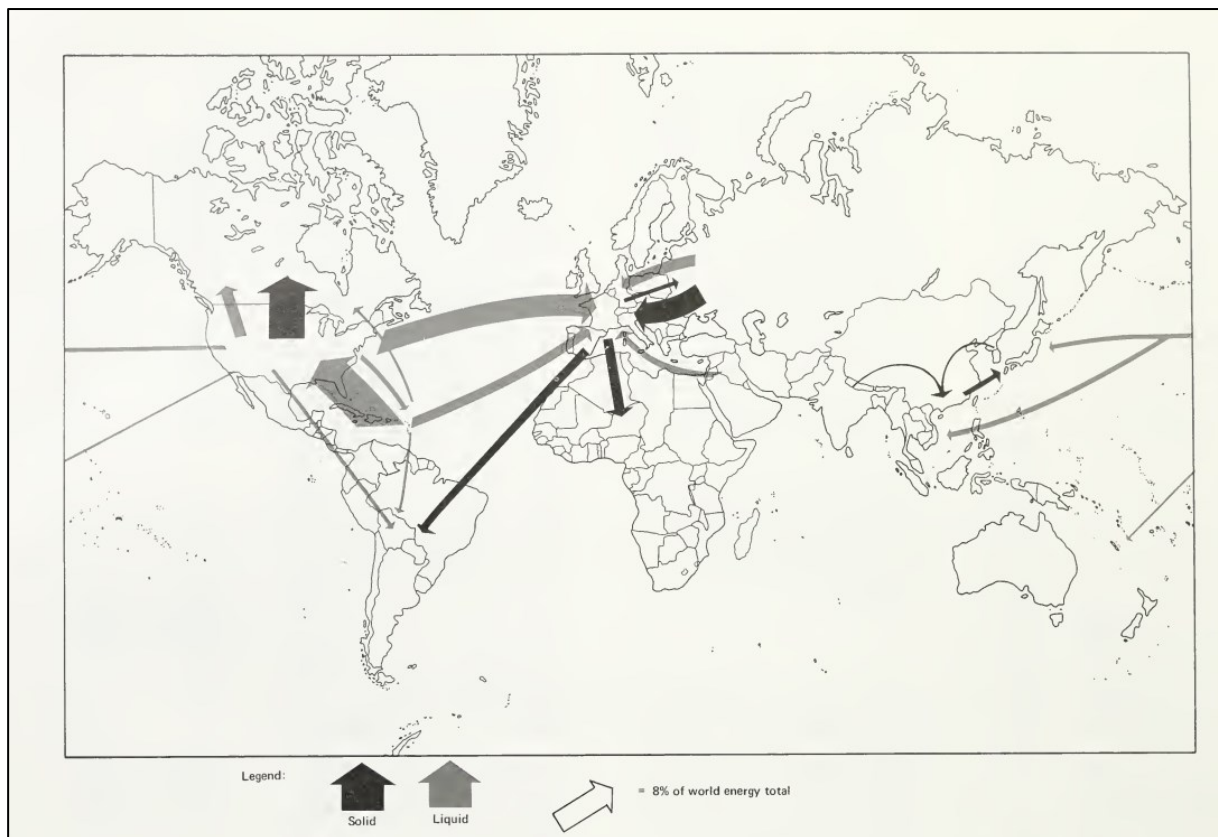
Tchecoslováquia. A partir de 1931, o Japão apreendeu o território chinês, especialmente na Manchúria, uma região rica em carvão e minério de ferro. Também tentou aproveitar a Coréia e Taiwan com mais força e, em menor escala, explorar o potencial agrícola das ilhas da Micronésia que havia adquirido da Alemanha por meio da Liga das Nações após a Primeira Guerra Mundial. Essas buscas pelo império para tornar a autarquia mais viável trouxeram a Segunda Guerra Mundial²¹⁸.

Em 1925, o mundo já era conectado em fluxos de combustíveis sólidos e líquidos, como mostra a figura abaixo, cujo dados trabalhamos ao final da Parte I. Ao passo que, Reino Unido dominava com 95,3% de carvão na matriz energética, Alemanha dependia de 89,7% de carvão para sustentar 49,4% urbano e Japão lutava com mais de 70% de carvão para manter apenas 24,5% urbano. A figura 9 apresenta um mapa orgânico dos fluxos.

Dois ganham destaque imediato no Atlântico Norte, seja que os Estados Unidos exportavam tanto combustíveis sólidos quanto líquidos em direção à Europa Ocidental, especialmente ao Reino Unido e à Alemanha e, assim, a crescente dependência europeia de fontes exógenas para sustentar sua industrialização e recuperação econômica no pós-Grande Guerra. No Pacífico, um fluxo substancial de combustíveis líquidos parte da costa oeste norte-americana rumo ao arquipélago japonês, que, já na década de 1920, o Japão integrava-se a um circuito de dependência energética que o conectava diretamente à potência americana que, mais tarde, se tornaria um dos pontos de fricção no pré-guerra do Pacífico. Por fim, que mais tênue, um fluxo energético sólido que parte da China em direção ao Japão, no padrão regional de extração e deslocamento de energia, no qual, procurava compensar suas limitações territoriais com a importação de recursos da Ásia continental, antevendo, em termos energéticos, a racionalidade que sustentaria posteriormente o expansionismo militar japonês na Manchúria e em outras áreas do continente.

²¹⁸ But the most important consequence of the turn to autarky in the 1930s was that it made states expansionist, particularly those without overseas empires. To be free from imports that seemed ruinously expensive in peacetime and would (the experience of World War I suggested) be unreliable in war, it made sense to acquire more territory and resources, or, in the case of imperial powers, to squeeze more out of what one already had. Britain and France tried to get more from their existing empires. They wanted to develop the mineral and food exports from their African and Asian colonies, which required deeper interventions in daily life.. Meanwhile, Italy, Germany, and Japan pursued empires of their own. They all lacked crucial resources necessary to an autarkic economy, especially oil. Italy sought an empire in the Mediterranean and in the Horn of Africa, a quest that led to the conquest of Ethiopia in 1935—36, erasing the humiliation of 1896. Germany built an economic empire in southeastern Europe, luring smaller countries into exclusive trade agreements, and in 1938—39 annexed Austria and Czechoslovakia politically. Japan from 1931 seized Chinese territory especially in Manchuria, a region rich in coal and iron ore. It also tried to harness Korea and Taiwan more tightly and, on a smaller scale, to tap the agricultural potential of the Micronesian Islands it had acquired from Germany through the League of Nations after World War I. These quests for empire to make autarky more feasible brought on World War II.

Figura 9 - Sistema Energético Global de 1925 em Fluxos de Combustíveis Sólidos e Líquidos



Fonte: Darmstadter et al. (1971 p. 172)

Meia década depois, a retração da rede humana nos anos 1930, impulsionada pela crise financeira e pelo colapso do comércio internacional, significou também a fragmentação dos canais de transferência energética, tornando explícito que a industrialização e o poder militar estavam diretamente relacionados à posição ocupada dentro desse sistema de redistribuição. Alemanha, Itália e Japão, ausentes da governança dos mercados petrolíferos globais e subordinados às decisões das potências anglo-saxônicas, perceberam que sua dependência energética não poderia ser solucionada por meio das regras vigentes. Isso quer dizer, muitas das tensões que explodiriam ao longo do século XX já germinavam na Primeira Guerra, na forma de fragilidades, expressas, por exemplo, na desconexão parcial de certos Estados ou a remoção forçada de suas inserções nos circuitos materiais do sistema global, ao caso do sistema internacional de petróleo entre as guerras, sendo dependentes de compras de potências estrangeiras, o que os levou a buscar garantir seu próprio acesso independente:

Três grandes potências - Alemanha, Itália e Japão - foram essencialmente impedidas de participar diretamente do sistema internacional de petróleo no período entre guerras. Os vários acordos comerciais que restringiam o acesso ao petróleo do Oriente Médio e das Índias Orientais favoreciam empresas da Grã-Bretanha, França e Estados Unidos, embora não fornecessem nenhum mecanismo para integrar novos participantes de maneira pacífica. Em vez disso, as empresas petrolíferas dominantes

foram capazes de usar seu acesso privilegiado a reservas prolíficas de petróleo para estabelecer um controle monopolista virtual sobre os setores petrolíferos domésticos dos países excluídos. Como resultado, Alemanha, Itália e Japão tornaram-se quase completamente dependentes das compras de petróleo de empresas petrolíferas controladas por estrangeiros na década de 1930. À medida que as tensões geopolíticas entre as grandes potências começaram a aumentar na década de 1930, as autoridades estatais dos países excluídos ficaram cada vez mais convencidas de que precisavam estabelecer seu próprio acesso independente ao recurso energético que agora era um determinante central da força militar²¹⁹ (Podobnik, 2006, p. 128)

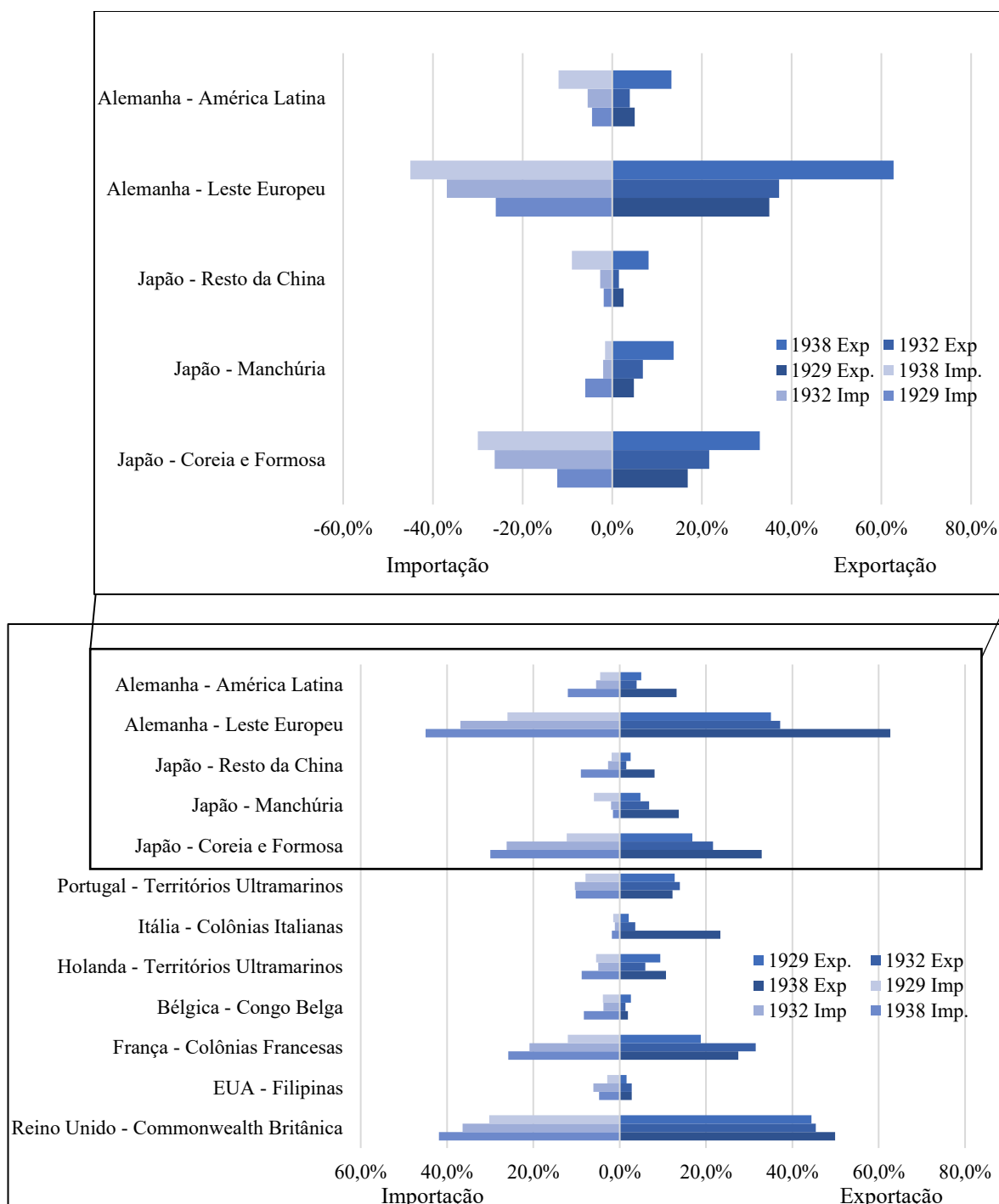
Chamamos isso ao longo da Parte II com propriedades estratégicas da Grande Guerra. Quando os planos de expansão militar começaram a sair do papel, nem Alemanha, nem Japão ou Itália tinham como ignorar que faltava algo antes mesmo do primeiro movimento, isto é, combustível. Como percorre o Gráfico 18, seus caminhos comerciais despontam uma tentativa clara de manter o motor ligado enquanto buscavam alternativas. O Japão, com “colônias” que produziram o atrito posterior com o ocidente, já encaixadas no seu desenho imperial, conseguia alguma margem, de outro modo, a Alemanha seguia amarrada a acordos frágeis com países latino-americanos, como Bolívia e México, que por sua vez enfrentavam a pressão direta dos Estados Unidos para cortar o fluxo de petróleo. A reação japonesa foi diferente, pois veio com os pés: ocupou a Manchúria, avançou sobre a Coreia, mas não conseguiu, mesmo diante disso, resolver o problema. No final da década de 1930, 80% do petróleo japonês vinha dos próprios americanos, e o restante, das Índias Orientais Holandesas, cujo destino logo seria colocado em xeque. Com o embargo de 1941, a guerra virou única opção: os japoneses invadiram as Índias e atacaram Pearl Harbor, tentando romper à força o bloqueio energético imposto²²⁰. Seja como

²¹⁹ Three major powers-Germany, Italy, and Japan-had been essentially locked out of direct participation in the international oil system in the interwar period. The various commercial agreements that restricted access to Middle Eastern and East Indies oil favored companies from Britain, France, and the United States, while providing no mechanism for integrating new participants in a peaceful manner. Instead, the dominant oil companies were able to use their privileged access to prolific oil reserves to establish virtual monopoly control over the domestic oil sectors of the excluded countries. As a result, Germany, Italy, and Japan had become almost completely dependent on purchases of oil from foreign-controlled oil companies in the 1930s. As geopolitical tensions between the major powers began to escalate in the 1930s, state authorities in the excluded countries became increasingly convinced that they had to establish their own, independent access to the energy resource that was now a central determinant of military strength.

²²⁰ A Manchúria foi onde se desenrolou a Guerra Russo-Japonesa de 1904-1905, originalmente destinada a garantir reivindicações sobre a Coreia. Como subproduto inesperado, o Japão consolidou uma esfera de influência com linhas ferroviárias estratégicas ligando o interior ao litoral. Nessas rotas, descobriu não apenas vantagens militares, mas recursos como as minas de carvão de Fushun e os depósitos de minério de ferro em Anshan. Como registra Barnhart (1987), "The Imperial military maintained a deep interest in these developments. Army circles saw the expanding Japanese presence in Manchuria as a natural-and necessary-complement to the mobilization program at home. Naval officers had a narrower but equally serious concern in the region, for the railway works at Fushun had produced Japan's first synthetic petroleum" (p. 28). Em 1940, o Almirante Osami Nagano, antevendo um possível conflito, afirmou: "Any conflict, Nagano continued, would be prolonged, but if 'the fruits of victory' - meaning the East Indies-could be employed and the enemy lured into a decisive naval engagement, victory was quite likely" (BARNHART, 1987, p. 245). O Ministro da Marinha Oikawa ecoou essa preocupação, defendendo medidas drásticas caso a diplomacia falhasse até outubro.

for, o que o Gráfico 18 torna evidente é a dependência externa dessas potências em relação a energia e a fragilidade de suas redes de abastecimento.

Gráfico 18- Participação do comércio por país dos espaços de controle formal e informal em 1929, 1932, 1938



Fonte: Elaborado com dados citados em Findlay e O'Rourke (2007, p. 461) tirados de *League of Nations* (1939, pp. 34–35).

2.3.3.2 Segunda-Guerra Mundial: Falta de Poder Naval

A comparação com a Grã-Bretanha do século XIX permanece eficaz para compreender as dinâmicas de poder naval na Segunda Guerra Mundial, evidenciando como a capacidade marítima estruturou o destino das potências envolvidas. Enquanto os Aliados operavam dentro de um ecossistema marítimo consolidado, fruto de séculos de domínio naval e infraestrutura logística robusta, as potências do Eixo, Alemanha e Japão, enfrentaram limitações profundas em sua projeção naval, reflexo direto da ausência de uma retaguarda energética estável e integrada. Como demonstra a Tabela 9, ambos os países não foram capazes de articular um sistema naval com propriedades defensivas e ofensivas proporcionais à centralidade do mar para suas economias.

Na Primeira Guerra Mundial, com apenas 24 a 88 U-boats ativos por ano, os alemães causaram danos expressivos à marinha mercante britânica, aliada e neutra, chegando, em 1917, à destruição de 2.639 embarcações com apenas 66 submarinos, uma taxa de destruição de 43,9 navios por submarino. Já na Segunda Guerra Mundial, apesar do aumento contínuo de U-boats, de 9 em 1939 para 241 em 1944, a taxa de destruição caiu drasticamente, chegando a 0,85 em 1944, dado tanto a crescente eficácia aliada na guerra antissubmarina, quanto os limites da doutrina alemã diante da superioridade industrial, informacional e logística dos inimigos. No Pacífico, entre 1942 e 1944, a marinha mercante japonesa foi devastada por uma força relativamente pequena de submarinos americanos, com taxas de destruição superiores a 20 embarcações por unidade em operação.

Tabela 9 - Forças navais durante as duas Guerras Mundiais (1914-1918) – (1939-1945)

A. Primeira Guerra Mundial	1914–15	1916	1917	1918 (10 meses)		
Navios mercantes britânicos	231	288	1.032	527		
Navios de pesca britânicos	168	134	200	76		
Navios mercantes aliados	76	344	708	314		
Navios mercantes neutros (principalmente americanos)	93	332	679	186		
Total	568	1.098	2.639	1.103		
U-boats alemães	24	25	66	88		
Taxa de destruição	23,7:1	43,9:1	12,5:1			
B. Segunda Guerra Mundial: Atlântico	1939 (3 meses)	1940	1941	1942	1943	1944

Navios mercantes britânicos, aliados e neutros	95	822	1.141	1.570	597	205
U-boats alemães	9	22	35	86	237	241
Taxa de destruição	10,6:1	37,4:1	32,6:1	18,3:1	2,5:1	0,85:1
C. Segunda Guerra Mundial: Pacífico	1941 (1 mês)	1942	1943	1944	1945 (8 meses)	
Navios mercantes japoneses	6	134	308	549	155	
Submarinos americanos	1	6	15	19	8	
Taxa de destruição	06:01	22,3:1	20,5:1	28,9:1	19,4:1	

Fonte: Hurgill, 1995, p. 144, baseado por sua vez dados de em Polmar & Friedman, 1981.

Em miúdos, o custo energético para manter a complexidade militar/naval ultrapassou a capacidade dessas nações de gerar/proteger fluxos energéticos. Em última instância, podemos falar que saltar em complexidade social (de agrária a industrial-marítima) estabelecia além de imitação técnica; demandava uma transição de fase sustentável, onde a manutenção da nova ordem (como um sistema dissipativo) dependia de fluxos contínuos de energia externa para compensar a degradação. O império naval britânico, nesse sentido, foi um acidente geológico convertido em projeto político; já seus competidores, ao tentar forçar a mesma conjuntura, viram-se contradição de tentar superaquecer sociedades cuja base material fervia em fogo brando e sem o catalisador efetivo do comércio.

Mesmo depois, no pós-guerra, trazendo outras tecnologias economizadoras de espaço, uma das soluções pensadas nos anos 1960 foi a energia nuclear em concentrar quantidades elevadíssimas de energia em áreas muito mais reduzidas, com reatores capazes de operar entre 50 e 300 megawatts por metro quadrado, valores que ultrapassam em muito as densidades de potência de usinas a carvão ou gás²²¹. Porém, há uma ironia nessa compactação de justifica nosso ponto, que por mais avançado que seja o reator, ele depende de materiais físséis cuja origem é tudo menos moderna. Para deixar claro, são minérios subterrâneos, localizados em pontos precisos do planeta, o que reconecta novamente com o comércio. Isso valeria até mesmo para os alimentos com a Revolução Verde. Pollan (2006, p. 201) mostra muito bem ao colocar que os grãos são os mais próximos na natureza de uma mercadoria indústria:

²²¹ Como Smil (2015, p. 133-134): “Whatever the outcome, the high-power density of nuclear fission has been one of its major appeals. The conversion of nuclear energy to heat proceeds at power densities (used throughout this book to mean power per unit area, not as used by nuclear engineers to mean power per unit of reactor volume) ranging from 50 to 300 MW/m² of a reactor's footprint, that is, up to an order of magnitude higher than the power densities for boilers burning fossil fuels. In addition, nuclear stations do not require any extensive fuel-receiving and fuel storage facilities, they have no need for air pollution controls and for land set aside for the storage of captured waste products, and radioactive wastes stored temporarily on-site occupy only small areas.”

(...) armazenável, portátil, fungível, sempre o mesmo hoje como era ontem e será amanhã. Uma vez que pode ser acumulado e comercializado, o grão é uma forma de riqueza. É uma arma também, como Earl Butz já teve o mau gosto de mencionar em público; A nação com os maiores excedentes de grãos sempre exerceu poder sobre os que estão em falta. Ao longo da história, os governos incentivaram seus agricultores a cultivarem grãos mais do que suficientes, para se proteger contra a fome, para liberar mão de obra para outros fins, para melhorar a balança comercial e, em geral, para aumentar seu próprio poder. George Naylor não está longe quando diz que o verdadeiro beneficiário de sua safra não são os comedores da América, mas seu complexo militar-industrial. Em uma economia industrial, o cultivo de grãos sustenta a economia maior: as indústrias química e de biotecnologia, a indústria do petróleo, Detroit, produtos farmacêuticos (sem os quais eles não poderiam manter os animais saudáveis em CAFOs), agronegócio e a balança comercial. O cultivo de milho ajuda a impulsionar o próprio complexo industrial que o impulsiona²²²

Conquanto se admita tal conclusão, a natureza estratégica e política dos grãos tanto quanto abordamos nas Corn Laws, onde sustentar excedentes, mobiliza forças produtivas, militares e comerciais, faz dele o elo entre o campo e o aparato industrial que o absorve e o projeta como instrumento de dominação geoeconômica. A ansiedade que se impõe, então, não é menor. Sustentar que a geopolítica surge como resposta à tensão entre energia, comércio e complexidade exige, portanto, que se mostre também o que acontece quando esse pressuposto falha, o que por si só já abre uma agenda de pesquisa.

2.4 SÍNTESE ESTRUTURAL ENTRE ENERGIA, COMPLEXIDADE E COMÉRCIO INTERNACIONAL

Em poucas palavras, as discussões desenvolvidas nas últimas seções são de uma afirmação aparentemente simples, de que a guerra organiza a sociedade e, por outro lado, desorganiza o comércio. Essa ideia, que poderia soar apressada se tomada isoladamente, torna-se mais densa quando colocamos luz em como a Guerra complexificou as estruturas sociais em sua dimensão totalizante, no sentido de maior organização e não de emergência, ao impor reestruturação dos centros de decisão, recentralização dos fluxos e redefinição das prioridades coletivas, ao mesmo tempo em que expôs a fragilidade das redes alongadas que viabilizavam a circulação de bens, energia e capital.

²²² Grain is the closest thing in nature to an industrial commodity: storable, portable, fungible, ever the same today as it was yesterday and will be tomorrow. Since it can be accumulated and traded, grain is a form of wealth. It is a weapon, too, as Earl Butz once had the bad taste to mention in public; the nation with the biggest surpluses of grain have always exerted power over the ones in short supply. Throughout history governments have encouraged their farmers to grow more than enough grain, to protect against famine, to free up labor for other purposes, to improve the trade balance, and generally to augment their own power. George Naylor is not far off when he says the real beneficiary of his crop is not America's eaters but its military-industrial complex. In an industrial economy, the growing of grain supports the larger economy: the chemical and biotech industries, the oil industry, Detroit, pharmaceuticals (without which they couldn't keep animals healthy in CAFOs), agribusiness, and the balance of trade. Growing corn helps drive the very industrial complex that drives it.

Com isso, podemos retomar com mais densidão o que vínhamos desenhando na Parte I sobre o Sistema Energético Global e dar mais luz as consequências dos dados de Darmstadter et al. (1971). Terminamos o primeiro bloco conceitual, dos fundamentos físico-energéticos, com a hipótese de que foi a concentração sucessiva de conversores de mais potência, impulsionados por fontes fósseis e condensados territorialmente em áreas específicas, que permitiu o surgimento de formas mais elevadas de complexidade sociotécnica. Hipótese esta que, no entanto, impõe como contrapartida a dependência crescente de fluxos materiais oriundos de fora. Embora até aqui tenhamos evitado mobilizar o termo diretamente, o conceito de gradiente pode agora ser introduzido como uma ferramenta capaz de condensar, em uma imagem contínua, os dois polos argumentativos.

Gradientes, tal como compreendidos em sua formulação física original, designam variações espaciais na distribuição de uma determinada propriedade, o que, transposto ao vocabulário das relações entre energia, espaço e organização social, permite pensar o comércio como o dispositivo por excelência de transporte e equalização dessas variações, deslocando recursos, fluxos e excedentes entre regiões de alta e baixa densidade de potência. A complexidade, conforme desenvolvemos, requer densidade energética suficiente para ser sustentada, e ainda que assim, essa densidade não se apresenta de forma uniforme nos territórios, então o comércio internacional, em tese, ocupa o papel de mediador entre essas assimetrias, conectando polos produtores e consumidores, criando assim o gradiente operacional necessário à manutenção de formas organizacionais mais sofisticadas.

Entretanto, à medida que esse gradiente se revolve condição da estabilidade de sistemas cada vez mais integrados, desloca-se sobre o comércio um peso que ele sozinho não pode suportar, pois a simples existência de fluxos não garante sua permanência, exigindo mecanismos de proteção, instrumentos de coerção e formas de poder capazes de assegurar. Igualmente, ao longo da Parte II, não nos limitamos a projetar a interdependência energética como um fenômeno natural, a par disso, insistimos em demonstrar como sobre esses gradientes se imporiam peso da geopolítica, reconfigurando sua direção, intensidade e estabilidade.

2.4.1 Gradientes de Energia no Território e no Mar

Ao encerrarmos a Parte I, havíamos demonstrado que o sistema energético global moderno não tão-somente depende de tais gradientes, como de fato os produz, ao concentrar energia em certas regiões e projetar sua circulação em escala planetária. Contudo, segundo a Parte II, podemos dizer que tais gradientes não se mantêm livres de tensões, sendo continuamente pressionados por disputas políticas, instabilidades comerciais e restrições

materiais, de modo que sobre eles recai o peso do sistema interestatal e da geoeconomia. A mesma energia fóssil que permitiu a explosão do comércio no longo século XIX²²³, também criou as condições para crises sistêmicas sem precedentes e petróleo, ao assumir centralidade, dividiu definitivamente o sistema. Em outros termos, significa falar que o aumento de potência, levou ao sistema energético global, todavia, dele, um limiar: a sociedade pode tentar manter sua ordem aumentando o controle externo sobre o fluxo energético. Ou o seu inverso, de que quando não há poder, o crescimento social condiciona-se pelas forças que controlam os gradientes de energia no sistema internacional.

Em razão disso, antes de formularmos a síntese propriamente dita, torna-se necessário fixar, que provisoriamente, o modo como tais gradientes operam ou fracassam em sua função de mediação entre os saltos de complexidade e os mecanismos de sua manutenção. Essa presunção, que será explorada ao longo desta subseção, requer antes o posicionamento de duas condições estruturais que orientam o eixo de análise: de um lado, os entraves impostos pelas cadeias energéticas internas, expressos na tendência de sobrecarga e colapso em saltos não estabilizados e, de outro, a necessidade de estruturas externas de manutenção, como o poder marítimo, capazes de sustentar um regime estacionário de alta complexidade.

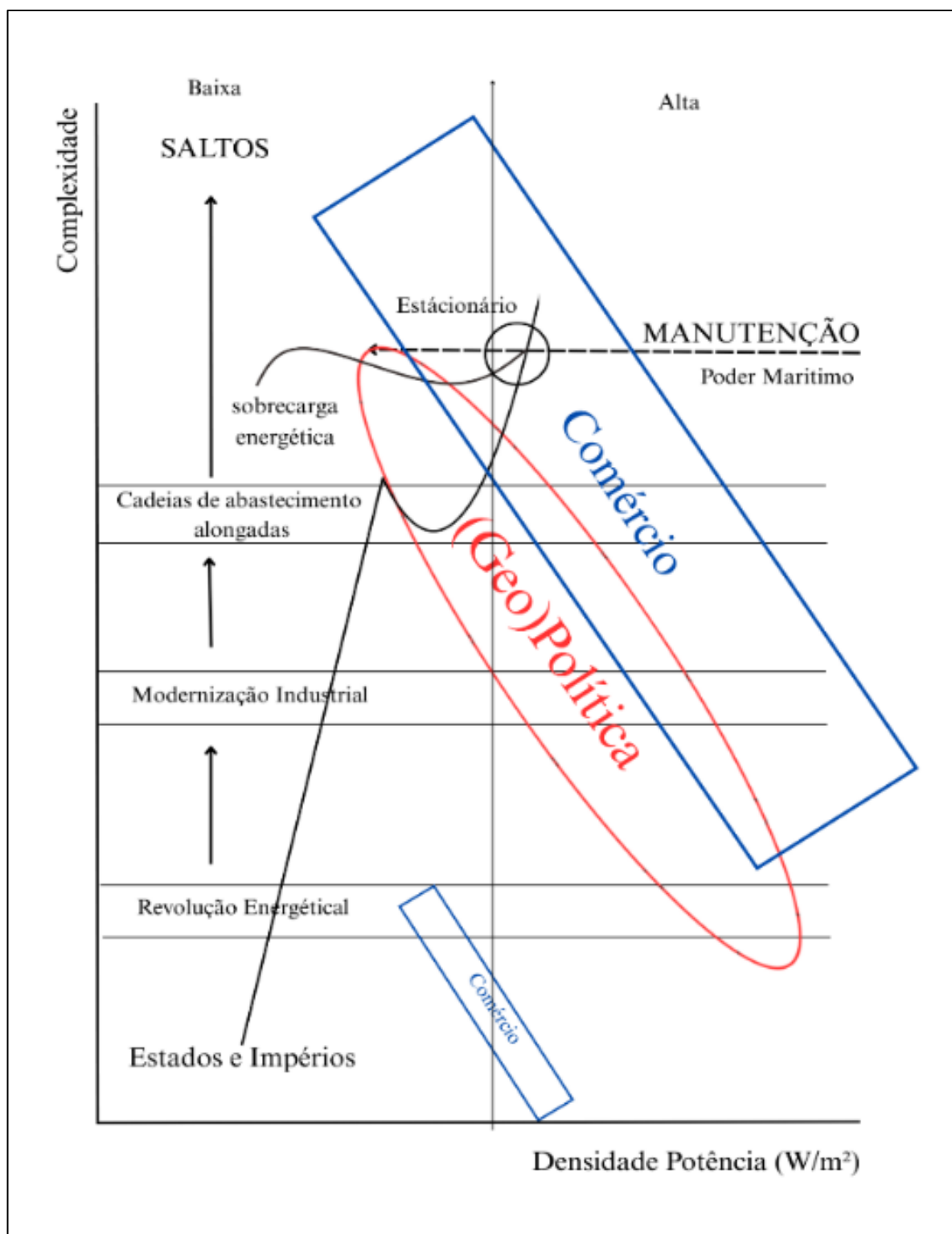
Entre a fase de salto e a de manutenção, é uma mudança qualitativa nas formas de poder mobilizadas e nos instrumentos de estabilização adotados, como demonstra o papel crescente da geopolítica e do controle das rotas marítimas globais. Ao retomar visualmente essas camadas de análise, podemos identificar onde incidem os obstáculos ao funcionamento dos gradientes que, por mote, sustentariam a transição entre baixa e alta complexidade. Com isso, damos um passo essencial na preparação da síntese: reconhecemos que os fluxos entre regiões de distintas densidades energéticas, mediados por formas políticas e logísticas de coordenação, não operam automaticamente, não obstante, dependem de escolhas estratégicas, capacidades coercitivas e estruturas externas que requalificam continuamente os próprios termos do gradiente.

Deste modo, podemos adicionar mais elementos aos espaços de fases que trabalhamos nas primeiras seções adicionando a nova razão que focamos nessa parte, por área, (W/m^2) e complexidade não tão-somente como um acréscimo de elementos e relações internas, em revanche, como um alongamento de cadeias de abastecimento. O comércio permite alavancar a complexidade, seja a solução ricardiana para a exaustão de recursos que limitam o crescimento em como complementamos do porquê ele ser o gradiente entre áreas densidade energética diferentes e atuar mecanismo de compensação, dado o limite interno de um ponto

²²³ Elevando sua participação no PIB global de 2% para 29% - Ver seção 1.3.2

estacionário. Esse ponto é o de sobrecarga energética e alongamento das cadeias de abastecimento de ou se reorganiza o sistema por dentro (o que exige energia que já está no limite), ou se busca fora por meio do comércio internacional.

Figura 10 - Limites da Complexidade e Comércio Internacional como Gradiente de Densidade de Potência



Fonte: Elaboração própria. 2025.

Contudo, para que esse comércio se realize sem interrupções, ele precisa estar protegido. Surge, na esteira causal, o papel do poder marítimo, pois as rotas comerciais não se sustentam por si mesmas. Ao contrário, o risco mais uma vez de sobrecarga, na hipótese de falha, seja por bloqueio naval, por escassez global ou por choque geopolítico. Sobre o comércio, portanto, recai o vetor da (geo)política que se inclina transversalmente sobre a zona de crescimento. Em última instância, o que desenhamos é que sociedades que se desenvolvem sob suas fronteiras baixa densidade de potência em relação ao seu solo, crescem puxadas por saltos energéticos e tecnológicos, de outro modo, vivem sob a constante ameaça de esbarrar no limiar de sua própria complexidade, e, nesse limiar, seria a geopolítica que dita se a manutenção será possível ou não.

De tal modo, o sistema energético global não é um subproduto do comércio, mas um processo que reconfigura o próprio comércio como um campo de interdependências materiais, distribuídas em escalas cada vez mais amplas. Em síntese, o que se depreende é que, tudo leva a um sistema autopoietico em que a energia circula por redes que só existem porque há energia circulando por elas, como as Revoluções que vimos na Parte I, mas, que produzem suas próprias estruturas de manutenção (burocracia, rotas comerciais, instituições), que se reconfiguram continuamente para compensar limites (via saltos tecnológicos ou expansão espacial) e perdem capacidade de quando falham em autorreproduzir-se.

2.4.2 Limite da Complexidade em Regiões de Baixa Energia por Território

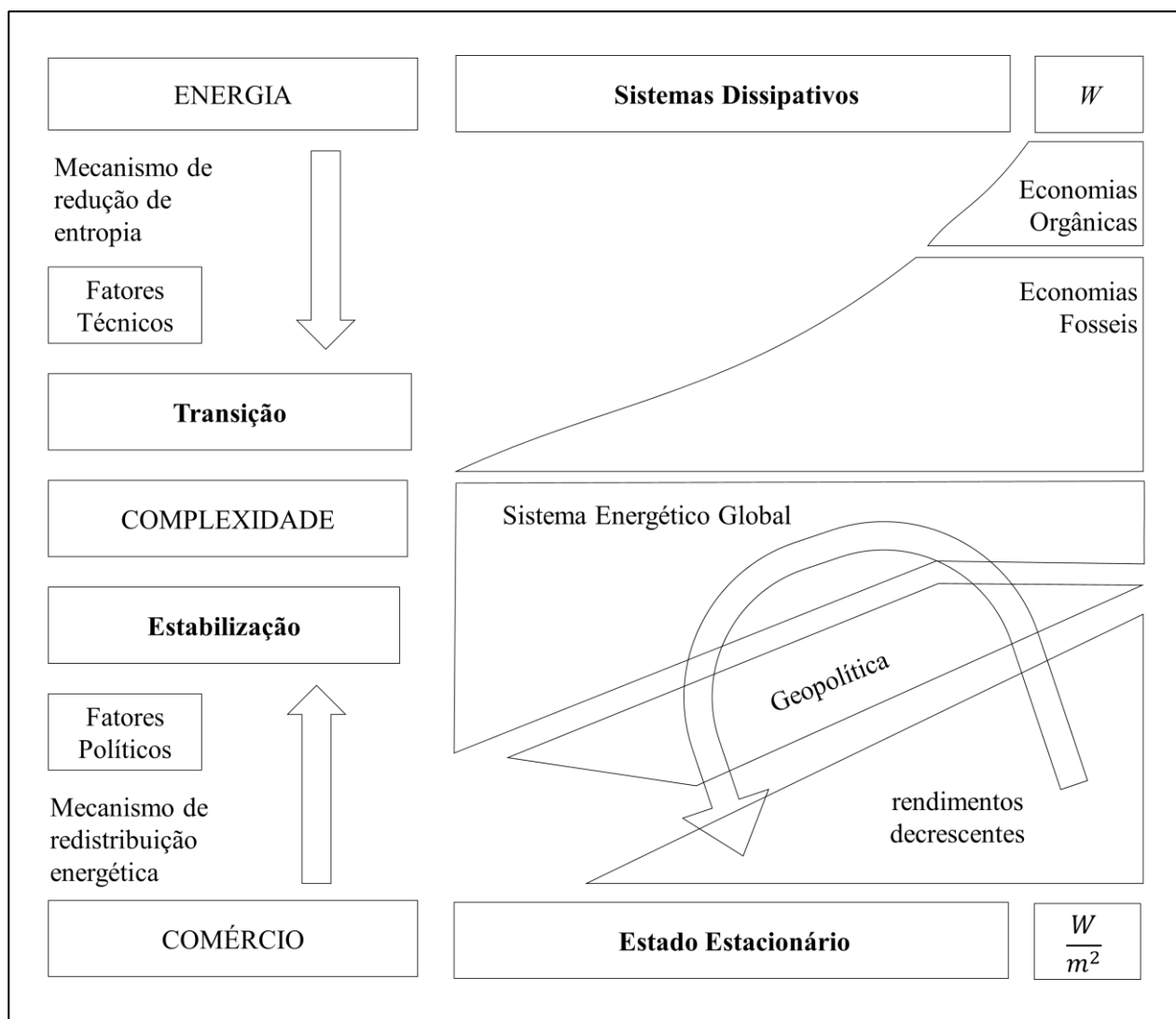
O passo dado na seção anterior compôs um espaço intermediário em que as tendências físico-energéticas, por um lado, e as estruturas comerciais e políticas, por outro, pudessem ser lidas como camadas de um mesmo processo em nomear e visualizar o elo, a verdade tensa, entre o salto de complexidade e sua manutenção posterior, mostrando que entre uma coisa e outra há uma dimensão (geo) política. Esse passo organizou o chão para a tarefa que agora nos compete, a de acoplar, sob uma mesma lente, a hipótese que move esta dissertação, de que não se pode sustentar formas superiores de organização social sem energia externa adicional, e que é o comércio quem mediatiza essa insuficiência territorial.

Não seria descaso rememorar que energia, como versamos desde o início, define o espaço de possibilidades, mas não a trajetória real. O novo, porém, é falar o comércio e a geopolítica também são os interruptores que ligam ou desligam essas possibilidades. A interrogação, assim, em sua formulação mais precisa, seria como sustentar cadeias longas de abastecimento num mundo onde os meios de protegê-las ou distribuí-las estavam em disputa.

Essa, talvez, seja a pergunta que melhor ilumina essa dissertação. Nunca a formulamos diretamente, é fato, mas ela esteve o tempo todo presente, atravessando nossas discussões sobre a terra, a energia e o comércio, como partes de um mesmo processo histórico que, em seu conjunto, pode ser descrito como uma reorganização contínua da complexidade social sob novas formas materiais e sociais

Começamos pela potência absoluta, o quanto de energia uma sociedade consegue mobilizar por unidade de tempo, através das mudanças dos regimes energéticos como vetores primários de transformação social. Na segunda parte, deslocamos o foco da quantidade para a qualidade espacial dessa energia, cultivando a densidade de potência, o quanto de energia pode ser extraído ou convertido por unidade de área, como o critério que orienta a estabilidade sistêmica. Passamos, daí por adensamento, a ver o comércio como uma estrutura compensatória para essas assimetrias espaciais. Uma chave que nos remeteu a algo que a economia política clássica já intuía, que por outras vias. A teoria dos rendimentos decrescentes, que limitava o crescimento sobre a terra nacional, foi respondida pela abertura ao comércio, mas essa abertura, como vimos, não é apenas uma decisão normativa. O paradoxo de Ricardo, onde o transporte parece resolver o dilema da escassez relativa, carrega consigo a condição material de que é preciso que o fluxo funcione, que haja capacidade de projeção, segurança logística, e, portanto, força, ou sua possibilidade latente. Dessa leitura, o Sistema Energético Global estando simultaneamente como condição de viabilidade (via potência) e limitação (via densidade de potência), conforme a ambiguidade entre abundância energética e sua territorialização.

Figura 11 - Configuração Sistêmica da Viabilidade do Comércio pela Potência e seus Limites pela Densidade de Potência



Fonte: Elaboração própria. 2025.

Com o avanço da disponibilidade de potência, o sistema passa a operar em condições dissipativas cada vez mais sensíveis, partindo da sobreposição analítica de duas matrizes interpretativas, por um lado, o estado estacionário da economia clássica, conforme projetado por Ricardo e Malthus, cuja lógica repousa na escassez crescente da terra produtiva e na tendência aos rendimentos decrescentes, e, por outro, dos sistemas dissipativos, no qual a complexidade interna só se mantém mediante constante fluxo energético e reorganização diante do aumento da entropia. Nesse sentido, a leitura do comércio como solução insurge como ligação entre essas duas perspectivas, pois, concebe tanto a alternativa clássica, quanto a válvula de escape termodinâmica. Entretanto, essa solução está em um plano material estruturado geopoliticamente.

Em suma, é falar que mais energia exige integração energética, a integração intensifica a complexidade, e a complexidade, por sua vez, amplia os riscos embutidos nas interdependências, o que nos conduz à formulação fronteiras operacionais. Para a energia, o esgotamento de recursos, para a complexidade, seus custos crescentes de manutenção, e o que conectamos nessa parte, das rupturas dos canais de troca. Na prática, o que propormos é que a complexidade não se sustenta por si. Sinteticamente, na linha energética, isso é através de saltos tecnológicos (novas fontes) e manutenção por eficiência (conversores mais potentes). Na linha comercial, seria a expansão para novas rotas (externalização), mas que deve ser acompanhada por redundância, porque mesmo ao compensar limites locais, que transferem a pressão sistêmica para escalas maiores.

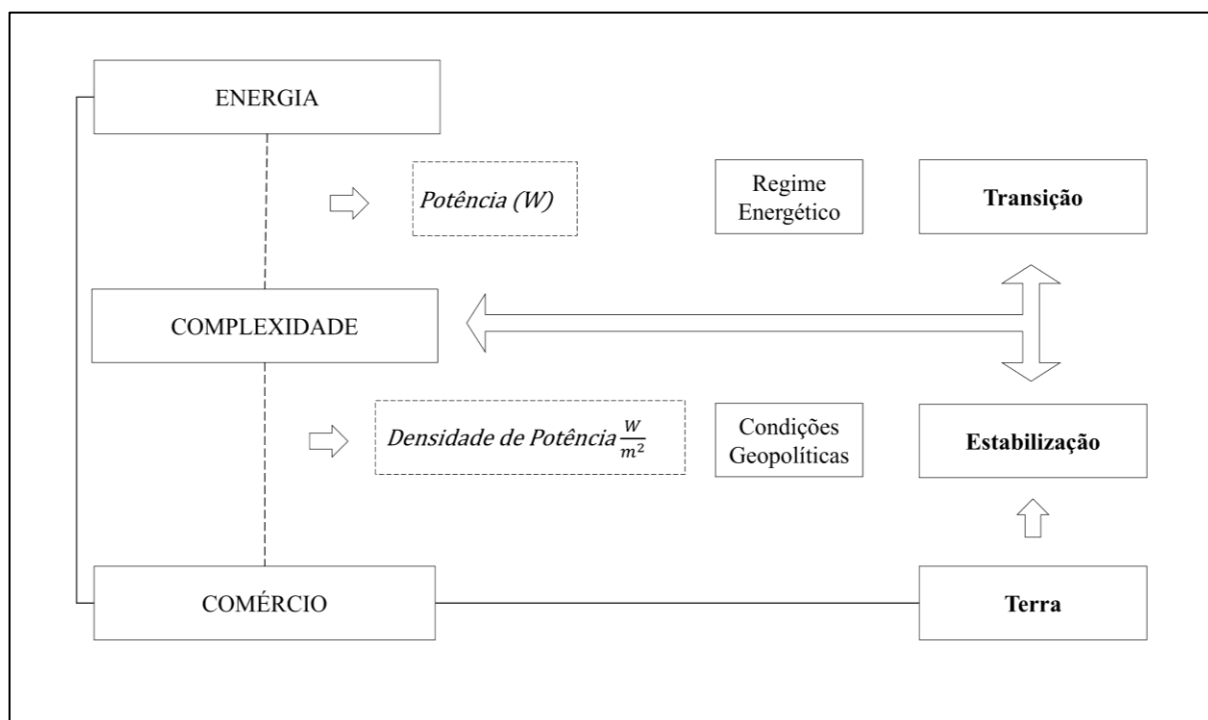
Tabela 10 - Quadro Analítico da Tríade Energia-Complexidade Social-Comércio Longo Alcance

Dimensão	Papel Civilizacional	Efeitos	Limites	Saltos	Manutenção
Energia	Base material para sustentar sistemas complexos	Especialização e inovação, impulsiona produção e transporte	Esgotamento/degradação	Nova fonte	Eficiência
Complexidade Social	Organiza sociedades em estruturas hierárquicas e interdependentes	Desenvolve instituições estáveis	Custos marginais crescentes		
Comércio de Longa Distância	Conecta sistemas dispersos	Acesso a recursos ausentes localmente	Interrupção de fluxos	Nova rota	Redundância

Fonte: Elaboração própria. 2025.

Em sua dimensão operativa, a estabilização de sistemas segundo o qual descrevemos, depende de decisões internas e de inserções no espaço global cujas assimetrias condicionam as formas históricas de inserção geopolítica. Igualmente, o comércio e o poder marítimo são mecanismos de estabilização pós-bifurcação. Que, uma vez ausentes ou bloqueados, reencaminham o sistema para trajetórias estacionárias ou regressivas, especialmente quando se tenta sustentar saltos civilizacionais sem as pré-condições energéticas mínimas que encontra na terra, que em última instância é também uma base energética, o limite da complexidade. Nosso apontamento, portanto, é que não é a energia em si que estabiliza civilizações, ao passo que, sua densidade territorialmente distribuída, razão pela qual a transição depende da potência, mas a permanência exige geopolítica.

Figura 12 - Integração Energia–Complexidade–Comércio e os Limites Territoriais da Estabilização Pós-Bifurcações Como Uma Restrição Externa



Fonte: Elaboração própria. 2025.

Na prática, seria a “terra”, entendida como estoque energético territorial, algo que “estabiliza” a dinâmica do sistema social. O comércio é o mediador dessa relação sobre quem tem no território e quem capta fora. Importar energia, direta ou embutida em bens, se constrói socialmente para transferi-la, permitindo sustentar a complexidade social, sem que isso garanta continuidade ou estabilidade. Acode frisar esse último ponto. Falamos “estabilidade”, o que não quer dizer equilíbrio. O afastamento do equilíbrio pode atingir um limiar, uma zona de bifurcação, na qual múltiplas trajetórias se tornam possíveis.

Nesses pontos de indeterminação estruturada, surgem regimes alternativos de organização, os quais, uma vez estabilizados, não representam retornos à ordem anterior, mas formas-estáveis-em-desequilíbrio que não cessam de demandar energia, ao contrário, a sua manutenção pressupõe um aporte constante. Demos o nome de complexidade a esse estado duradouro de afastamento, no qual o sistema adquire forma, memória e direção. Porém, o nosso aporte termodinâmico parou por aí, como base ontológica de um tipo de organização específica, o sistema dissipativo, cuja expressão no mundo social é mediada por tecnologias políticas e sociais.

Não estamos dizendo que há, no comércio internacional, um gradiente termodinâmico como uma relação fraca entre diferença de temperatura e trocas comerciais, em tensão com isso,

de um sistema energético global geopoliticamente estruturado, que alimenta esses sistemas dissipativos internos, no qual há regiões com mais fontes disponíveis e outras que funcionam como sistemas captadores, conversores dependentes ou mesmo territórios-tampão de dissipação externa. Mas ao fim, devemos reconhecer que aquilo que chamamos de nações e aquilo que tratamos de comércio não sejam mais do que tecnologias sociais, moldadas para funcionar dentro de um sistema energeticamente aberto, e, tensionando o argumento, materialmente fechado que é a Terra.

Ao caso, como extensão lógica desse molde, se o vocabulário da escassez nos acompanhou ao longo destas páginas, quiçá seja preciso reconhecer que dissemos muito sobre limites quando, na verdade, lidávamos com algo mais específico, como restrição, e, mais especificamente, uma restrição externa energética. Que, à semelhança da restrição externa cambial, condiciona o padrão de inserção internacional das economias e define sua amplitude de participação no sistema que organiza a conversão de energia em complexidade, junto ao mesmo costume, também geopoliticamente condicionada. A menos, é claro, que descubramos maneiras de reencenar, com nova engenharia, arcos de aliança que o cinema soube converter em mitologia técnica, como nas películas de Spielberg e George Lucas.

CONCLUSÃO

Nesta dissertação, exploramos a suposição de economias operando além da capacidade de carga ecológica que convergiriam para estados estacionários com fluxos materiais constantes, ou, termodinamicamente, sistemas abertos que mantêm sua organização, ao operem se afastando do equilíbrio, pelo requisito básico da dissipação energética. Partindo desse preceito, construímos de maneira lógica os cenários que dele se desdobram. Isto é, se o fornecimento ou a conversão forem instáveis, a capacidade de manutenção da complexidade se reduz; se a instabilidade se agrava, a sociedade se aproxima de limites críticos; e se esses limites forem ultrapassados, o sistema entra em risco. Por assim dizer, portanto, da continuidade da complexidade social repousar no acoplamento funcional entre a técnica de conversão e a disponibilidade de insumos energéticos, de forma que a instabilidade, seja na fonte, seja no processo de conversão, compromete a capacidade de expansão ou de manutenção da organização social. Logo, uma vulnerabilidade inerente: quanto mais complexas se tornaram as sociedades, maior a dependência de um suprimento estável de energia.

Pressupomos, então, que a resposta histórica a tal vulnerabilidade foi a substituição sucessiva de regimes energéticos através de novos conversores, cada qual ancorado em escalas específicas de potência (W). Consideramos, ainda, a outra via possível, o comércio, em territórios energeticamente deficitários (W/m^2). Essa dupla perspectiva, técnica e mercantil, nos permitiu transitar do nível termodinâmico ao nível político-econômico, abrindo espaço para reexaminar uma questão substantiva da Economia Política Internacional, “*por que fazer o comércio?*”, embarcando nela o vínculo entre energia e complexidade quanto dimensões interdependentes de um mesmo problema histórico que é a permanência das civilizações e seu inverso admissível que é o colapso. Quer isso dizer, caracterizamos o comércio simultaneamente como um sintoma e um motor da complexidade que insurge à medida que as sociedades atingem certos limiares críticos, próximos ao ponto de transição e, uma vez ativado, retroalimenta a densificação das redes, elevando a escala da integração sistêmica.

Porém, como uma nova fase do sistema, reconhecemos que a ativação desse mecanismo conduz a emergência de novas instabilidades sem uma arquitetura material e política de sustentação, o que nos levou a propor que técnica, território e a (geo) política se travam como dimensões coextensivas. Por exato, iniciamos com a figura da Arca da Aliança como translação disso, que se diga, aquilo que sociedades buscam como um canal de energia estável o suficiente para sustentar sua ordem interna e poderoso o bastante para protegê-la externamente. Isso

significou, em última instância, revisar os próprios contornos do que se entende por complexidade, situando-a como uma variável histórica, quanto esse afastamento progressivo.

Com base nessa fundamentação, na Parte I, procuramos reinscrever o enredo técnico dos conversores (do fogo ao motor de combustão, passando por tração animal, velas, rodas, moinhos e vapor) em como cada um produziu camadas adicionais de organização e densidade funcional (cidades, transportes, comunicações, divisão social do trabalho). Foi a partir dessa interação observada que identificamos um ônus espacial, no caso das fontes energéticas se hiperconcentrarem, como no petróleo e carvão, enquanto os conversores se hiperdistribuíram, conforme o novo padrão industrial das sociedades. Disso, abordamos na Parte II as relações geopolíticas desse processo em relação à terra como fator de produção e ao estoque energético, analisados através da Economia Política Clássica e do papel do comércio. Consequentemente, avançamos para a discussão do caráter estratégico do poder naval e das instabilidades que marcaram o sistema internacional na primeira metade do século XX, as quais se explicam em grande medida pela capacidade dos Estados em controlar os recursos energéticos e assegurar a proteção das rotas comerciais basilares à manutenção da complexidade social.

Por efeito direto, poderíamos concluir que a relação entre energia e complexidade social, desde a análise histórica de como as sociedades capturam energia (Parte I) até a geografia de sua distribuição e uso (Parte II), tem no comércio um de seus principais mecanismos de articulação, que, por sua vez, depende de infraestruturas que moldam sua conectividade e esbarra em limites impostos pela geopolítica. Nesse terreno que identificamos a vulnerabilidade dos sistemas complexos diante da dependência energética dissociada de territórios energeticamente densos, mesmo quando revestida de alta sofisticação técnica. Resumidamente, ao enxergar o território como o reservatório de energia e, se cada nova camada de especialização, infraestrutura e integração traz ganhos marginais cada vez menores e aumenta a demanda por energia, a maneira como esse estoque é distribuído afeta diretamente tanto o ritmo quanto a resiliência da trajetória histórica do sistema. Quando as fontes energéticas estão dentro do território e sob controle local, o sistema consegue absorver e calibrar a pressão crescente que advém da complexidade. Por outro lado, na ausência desse estoque interno, a trajetória se ancora em redes externas de comércio, logística e pactos políticos, que, embora sofisticados, ampliam a exposição a choques e volatilidades.

No bojo dessa análise, entretanto, note que usamos o futuro do pretérito. Se a complexidade social decorresse diretamente do estoque energético contido no território, o mesmo estoque que, por hipótese, estabilizaria o sistema, no encaixe desse marco, os países mais densos em energia seriam, por decorrência, os mais complexos. A realidade, porém, não

confirma isso. Petroestados árabes, ancorados em vastas reservas, exibem estruturas organizacionais que não rivalizam, em diversidade funcional e interdependência, com sociedades como a Suíça, territorial-energeticamente muito mais modesta, ao revés, densamente complexa. Assim sendo, usamos esse tempo verbal porque temos que admitir ao final que há uma fissura na nossa análise na medida em que o argumento tropeça em não captar que os Estados de alta densidade energética são peças de sustentação da complexidade dos outros, estabilizadores por fora, mas, atravessados por tensões internas que impedem seu próprio salto.

De todo modo, essa fissura aponta para o papel do poder, presente em nossa análise, embora talvez não se espere explicitamente, pois ele orbitou nosso estudo em sua dimensão geoestratégica, ora como força de marcação, ora como tecnologia de sustentação. Dissemos que as civilizações não se tornam estáveis apenas por sua forma institucional ou seu desenho normativo, contudo, porque conseguiu, em algum ponto de sua trajetória, transformar energia em organização e organização em comando interno e externo na borda da sua fronteira ou do que vem de fora para ela em seus insumos básicos. Isso não é longe de dizer que é o poder que permite a energia e complexidade se conectarem de forma estável ou instável e que constrói os canais pelos quais a energia, ainda que originária de territórios densos, alcança sistemas energeticamente deficitários, permitindo que estes se mantenham e ampliem sua complexidade.

No entanto, se a fissura está no poder, e ao mesmo tempo falamos do poder, ela se manifesta em não avançarmos o suficiente para compreender a relação entre estoque energético e complexidade dentro das contradições e tensões internas (políticas, territoriais, sociais ou produtivas) que limitam as capacidades de reorganização em níveis superiores de complexidade. Esse é um reconhecimento que abre caminho para um campo analítico que ultrapassasse a geopolítica, exigindo o desenvolvimento de novas interfaces teóricas. Uma que una o político, o energético, o territorial e o histórico em um só movimento de leitura em múltiplas dimensões, seja integrando as duas topologias (externa e interna ao Estado), uma tridimensional (espacializadas, ou seja, o espelho de forças entre polos de energia, território e organização social), e uma quarta dimensão temporal (a longa duração das bifurcações e estabilizações).

Em que pese, é importante ressaltar que o que construímos não perde seu valor. Mas isso também significa que ele não pode, por ora, nos conduzir a conclusões finais sem antes reconhecer suas próprias bordas. O que afirmamos com segurança insurge da própria termodinâmica: sistemas, sejam cósmicos ou sociais, permanecem ativos na medida em que se mantêm longe do equilíbrio, exigindo um fluxo contínuo e crescente de energia. Daí que nossa

análise avance, de modo sraffiano, ao mostrar que a vulnerabilidade dos sistemas sociais não reside na escassez absoluta de energia, mas na forma como ela é capturada e mobilizada, na superfície da realidade visível, energia que se reproduz com energia. Essa tautologia, à primeira vista banal, sai seu potencial explicativo exatamente quando aplicada aos limites históricos da reprodução social. Em outras palavras, o sistema econômico, como já indicava Sraffa, não se reproduz se não conseguir repor os bens básicos que o sustentam, quer os chamemos de alimentos, petróleo, carvão ou infraestrutura crítica. Nosso acréscimo é o de que tais bens têm conteúdo termodinâmico e geográfico.

Entretanto, encerrar o percurso apenas em uma conclusão formal seria, de certo modo, trair o próprio esforço desta dissertação e do campo da Economia Política Internacional que procuramos expandir. A força do nosso trabalho reside nas próprias formulações que ousamos estabelecer. Como alerta Benjamin Cohen no sexto capítulo de sua história intelectual da EPI, a verdadeira medida de avaliação, para ele do campo, é considerar sua capacidade de gerar novos vocabulários, novas agendas e novas perguntas, e não de produzir verdades universais. No dizer de outro modo, a capacidade de refazer o terreno da dúvida, de colocar em circulação novas categorias e de deslocar o campo para onde ele, atravessando a barreira de, não havia ido. Nesse sentido, avançamos significativamente, e a questão que se impõe é justamente aquela que Cohen sugere: *“depois de todos esses esforços, o que sabemos agora que não sabíamos antes?”*

Sabíamos, ao ponto de partida, que energia, comércio e complexidade eram categorias frequentemente tratadas de modo separado, a primeira relegada à engenharia, o segundo à análise de mercados e trocas, a terceira ao campo difuso da teoria social e dos sistemas. Sabíamos, também, que a literatura em EPI havia dado passos largos para pensar o papel do comércio na projeção de poder e na alocação de recursos, porém, ainda guardava silêncios quanto aos fundamentos energéticos das formas de organização social. O que sabemos agora, após o trajeto percorrido, é que essas três dimensões podem ser rearticuladas como partes de um mesmo sistema dinâmico. Se antes observávamos o comércio como um fenômeno com derivações políticas, agora o abrangemos como expressão de contenção do colapso.

Sobretudo, entre o que sabíamos e o que agora vislumbramos, estende-se uma paisagem teórica transformada. Se, antes, o Entreguerras se apresentava como "crise do capitalismo" ou "rivalidade interimperial", seguem. Porém, cá, nos autorizamos a pensar que esses termos orbitam um campo mais denso, em que se torna possível compreender esse intervalo como um ponto de inflexão sistêmico nas formas de organização energética da ordem global. Sobre isso, o que podemos arriscar, em suas margens mais largas, pode ser formulado a partir de três

observações exploratórias, que não reivindicam valor conclusivo, a par de, ajudam a iluminar o modo de pensar que buscamos estruturar:

Primeiro, para o que podemos chamar, com certa licença, de um “pecado original” da modernidade industrial tardia, refletido na trajetória de Estados como Alemanha e Japão. Esses países alcançaram altos níveis de potência total (W), no vão de não possuírem internamente a densidade energética (W/m²) necessária para sustentar sua complexidade social e produtiva.

Segundo, de uma menor Divergência no campo dos “vencedores” que se manteve ao longo do período da Grande Divergência. Embora o novo paradigma tecnológico tenha sido verdadeiramente revolucionário, ele nunca rompeu por completo os vínculos com o território, fato que se manifesta no expansionismo do Lebensraum alemão e no conceito japonês de Seikatsu Kukan. Por conseguinte, expressões territoriais que refletiram a limitação energética desses Estados.

Terceiro, como já foi esboçado, sobre como esse canal de acesso à energia externa se estreitou durante o Entreguerras. O colapso do sistema financeiro internacional, aliado ao protecionismo e à fragmentação das rotas comerciais, resultou no estrangulamento das vias que garantiam os fluxos energéticos essenciais para economias dependentes. Essa vulnerabilidade econômica só se compreende plenamente quando relacionada à limitação concreta no acesso e circulação de energia necessária para sustentar a complexidade social e produtiva. Seguindo essa linha, a fragilidade cambial e financeira pode representar, em última instância, uma vulnerabilidade energética externa, trazendo ao foco uma restrição que condiciona e impõe limites reais à reprodução econômica desses países.

Para dar validade científica a essas observações, análises futuras podem se debruçar sobre o uso de modelos de simulação baseados em agentes, redes logísticas e matrizes de insumo-produto sensíveis à energia. Os casos da Alemanha e do Japão, mobilizados nesta pesquisa apenas de forma tangencial, são espaços empíricos férteis para esse tipo de aplicação, especialmente quando postos em contraste com a trajetória britânica. Tanto quanto, olhar para o presente, não como corte, *ex tunc*, como extensão de uma lógica longa, que também, para não dizer que não falamos das flores, isto é, tocar nos temas quentes no horizonte em que essa dissertação foi escrita, reaparece com nova intensidade na década de 2020 condensada na trajetória recente da China.

Basta lembrar que, quando a missão britânica liderada por Lord Macartney tentou, no ano de 1793, estabelecer termos mais vantajosos de intercâmbio com o Império Qing, a resposta do Imperador Qianlong em carta ao Rei George III veio carregada de um léxico da suficiência de que “*a nossa Celeste Dinastia possui todas as coisas em abundância*” e que “*os produtos*

de vossa terra não são necessários ao Império”, pois, “*nós não temos utilidade por objetos manufaturados estrangeiros*”. O comércio para o império era marginal, entretanto, para a Grã-Bretanha, ao contrário, ele era base, e quando a prata deixou de bastar, foi o ópio que “viciou” a balança de pagamentos e, com artilharia, abrindo-se à força, o século das humilhações. Dois séculos e uma revolução energética depois, essa mesma China transformou-se no maior polo fabril do planeta, tendo sua complexidade multiplicada em volume, densidade e vulnerabilidade.

O Primeiro gravame disso é evidente. Já não se pode falar em autossuficiência como o império Qing. Tratamos isso em como as fontes primárias de energia tornarem-se específicas no espaço, exigindo acesso a regiões que escapam à jurisdição doméstica. Justamente por isso, o segundo gravame é das exigências de operar sobre essa malha energética submetida a pontos de estrangulamento e zonas de vigilância intensiva que impõem o desafio de driblar, por exemplo, um controle naval que não lhe pertence. Convém, mais uma vez, observar que a dependência chinesa em relação ao petróleo vindo do Golfo. Por anos, esse fluxo passou pelo estreito de Singapura, um gargalo de apenas 50km ladeado por porta-aviões norte-americanos, ou, em rota alternativa, exigia o contorno do arquipélago filipino e, no retorno, com a aproximação inevitável de Guam, a maior base naval dos Estados Unidos no Pacífico, de onde sete porta-aviões podem ser reposicionados por ordem direta da Casa Branca.

Desde 2023, entretanto, um novo eixo se formou. A Rússia passou a ocupar o lugar de principal fornecedora, transferindo a vulnerabilidade marítima para uma interdependência terrestre. Esse desvio de rota, porém, não é mero detalhe. Trata-se do ponto de inflexão que impede que tamanha complexidade imploda sob sua própria massa, pois, exige que as engrenagens espalhadas pelas cadeias produtivas globais sejam alimentadas, ampliadas e protegidas. Mais uma vez, tratamos disso no uso instrumental do poder para a manutenção, como reconstituímos o comércio como técnica de redistribuição energética e projetamos, a partir daí, a política como aquilo que torna viável a permanência onde ela, por densidade de potência local, não poderia ser sustentada. Não é só isso. Ao mesmo tempo, Pequim acelera sua frota de veículos elétricos. Podemos dizer não tão-só por virtude ambiental, acrescente-se que como uma mudança técnica dos conversores (W) por cálculo estratégico geográfico (W/m²).

Tais constatações nos devolvem, assim, à raiz mesma da hipótese que se formulou: poucas análises da complexidade contemporânea se satisfarão sem compreender que a energia só se traduz em poder quando ancorada no espaço; e que a transição energética atual, por mais tecnológica que se anuncie, mantém-se também como uma disputa pela posse da terra. A essa altura, ainda, que a pergunta de Cohen volta a fazer sentido. Se conseguimos perceber o

comércio como um vetor energético, uma tecnologia social de redistribuição negentrópica e um mecanismo histórico de postergação do colapso, algo foi aprendido. Algo que, até aqui, podemos dizer, não que não sabíamos, mas que raramente se dera atenção em termos de análise estruturada e sistemática.

REFERÊNCIAS

- ABELSHAUSER, W. **Germany: guns, butter, and economic miracles**. In HARRISON, Mark (ed.), *The Economics of World War II: Six Great Powers in International Comparison*, Cambridge: Cambridge University Press, 1998, pp. 122-176
- ASHINA, S. Transitions of energy systems and technologies toward achieving the Paris Agreement in Japan. **Global Environmental Research**, v. 21, p. 11–21, 2017.
- BAGWELL, P. S. **The Transport Revolution**. Londres: Routledge, 1988.
- BANG, P. F. Empire, Civilization, and Trade: The Roman Experience in World History. In: KRISTIANSEN, K.; LINDKVIST, T.; MYRDAL, J. (Ed.). **Trade and Civilisation: Economic Networks and Cultural Ties, from Prehistory to the Early Modern Era**. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. p. 47-49.
- BARJAMOVIC, G. Interlocking Commercial Networks and the Infrastructure of Trade in Western Asia During the Bronze Age. In: KRISTIANSEN, K.; LINDKVIST, T.; MYRDAL, J. (Ed.). **Trade and Civilisation: Economic Networks and Cultural Ties, from Prehistory to the Early Modern Era**. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. p. 113-142.
- BARNETT, H. J.; MORSE, C. **Scarcity and Growth: The Economics of Natural Resource Availability**. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1963.
- BARNHART, M. A. **Japan prepares for total war: the search for economic security, 1919–1941**. Cornell University Press, Ithaca, 1987
- BATISTA, F. de A. **Os Tratados de Methuen de 1703: guerra, portos, panos e vinho**. 2014. 127 f. Dissertação (mestrado em Economia Política Internacional) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- BELL, D. A. **The First Total War: Napoleon's Europe and the Birth of Warfare as We Know It**. Boston: Houghton Mifflin, 2007.
- BERNSTEIN, W. J. **A Splendid Exchange: How Trade Shaped the World**. Nova York: Atlantic Monthly Press, 2008.
- BLACK, B. C. **To Have and Have Not: Energy in World History**. Lanham: Rowman & Littlefield, 2022.
- BLAUG, M. The Economics of Education: A Reply. **Journal of Political Economy**, Chicago, v. 64, n. 1, p. 41-58, fev. 1956.
- BOAS, F. **The mind of primitive man**. New York: Macmillan Company, 1911.
- BOEMEKE, M. F.; CHICKERING, R.; FÖRSTER, S. (Ed.). **Anticipating Total War: The German and American Experiences, 1871–1914**. Washington, D.C.: German Historical Institute; Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- BOLT, J; VAN ZANDEN, J. L. Maddison Project Database, version 2020. Disponível em: <https://www.rug.nl/ggdc/historicaldevelopment/maddison/releases/maddison-project-database-2020?lang=en>. Acesso em: 07 jan. 2024.
- BOSERUP, E. **Population and Technological Change: A Study of Long-Term Trends**. Chicago: University of Chicago Press, 1981.

- BUCKLEY, M. D. **Recipe for Reform: The Food Economy Movement in Britain During the First World War**. 2009. Tese (Doutorado em História) — University of California, Berkeley, Berkeley, 2009.
- BUNKER, S. G.; CICCANTELL, P. S. **Globalization and Race for Resources**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005.
- CARNEIRO, R. L. A theory of the origin of the state. **Science**, v. 169, p. 733-738, 1970.
- CHACON, R. J.; MENDOZA, R. G. **Feast, Famine or Fighting?**. Multiple Pathways to Social Complexity. Nova York: Springer, 2017.
- CHAISSON, E. J. A Singular Universe of Many Singularities: Cultural Evolution in a Cosmic Context. In: EDEN, A. H. et al. (Ed.). **Singularity Hypotheses: A Scientific and Philosophical Assessment**. Berlim: Springer, 2012. p. 413-435.
- CHAISSON, E. J. Complexity: An Energetics Agenda. **Complexity**, v. 16, n. 4, p. 27-40, 2011.
- CHAISSON, E. J. Energy Rate Density. II. Probing Further a New Complexity Metric. **Complexity**, v. 17, p. 44-63, 2011.
- CHAISSON, E. J. **Energy Rate Density as a Complexity Metric and Evolutionary Driver**. Medford: Tufts University; Cambridge: Harvard University, 2011.
- CHICKERING, R. "Total War: The Use and Abuse of a Concept". In: BOEMEKE, M. F.; CHICKERING, R.; FÖRSTER, S. (Ed.). **Anticipating Total War: The German and American Experiences, 1871-1914**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 13-28.
- CHICKERING, R.; FÖRSTER, S. (Ed.). **The Shadows of Total War: Europe, East Asia, and the United States, 1919-1939**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- CHICKERING, R.; FÖRSTER, S. (eds.). **Great War, Total War: Combat and Mobilization on the Western Front, 1914-1918**. New York: Cambridge University Press, 2000.
- CHICKERING, R.; FÖRSTER, S. (eds.). **War in an Age of Revolution, 1775-1815**. New York: Cambridge University Press, 2010.
- CHICKERING, R.; FÖRSTER, S.; GREINER, Bernd (eds.). **A World at Total War: Global Conflict and the Politics of Destruction, 1937-1945**. New York: Cambridge University Press, 2005.
- CHILDE, V. G. **Man makes himself**. New York: Mentor, 1951.
- CHILDE, V. G. **What happened in history**. Baltimore: Penguin, 1942.
- CIPOLLA, C. M. **Guns, sails and empires: technological innovation and the early phases of European expansion, 1400-1700**. 3. ed. Manhattan, KS: Sunflower University Press, 1988.
- CLARK G, JACKS D. Coal and the Industrial Revolution, 1700-1869. **European Review of Economic History**, 11(1), p. 39-72, 2007
- CLAUSEWITZ, C. V. **Da Guerra**. Tradução do inglês para o português por CMG (RRm) Luiz Carlos Nascimento e Silva do Valle. 2014.
- COHEN, B. **International Political Economy: An Intellectual History**. Princeton: Princeton University Press, 2008.
- COHEN, J. **Japan's Economy in War and Reconstruction**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1949.
- COOK, E. The flow of energy in an industrial society. **Scientific American**, v. 225, n. 3, p. 134-147, 1971.

- CORAZZA, G. O “Estado Estacionário” na Economia Clássica. **Análise Econômica**, v. 9, n. 15, p. 207–221, 1991.
- COSTA, L. F.; PALMA, N.; REIS, J. The great escape? The contribution of the empire to Portugal's economic growth, 1500–1800. **European Review of Economic History**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 1-22, fev. 2015.
- COSTA, W. M. da. **Geografia Política e Geopolítica: discursos sobre o território e o poder**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008
- COVEY, R. Alan. "Political Complexity, Rise of". In: PEARSALL, D. M. (Ed.). **Encyclopedia of Archaeology**. Oxford: Elsevier/Academic Press, 2008. p. 1842-1853.
- CROSBY, A. W. **Children of the Sun: A History of Humanity's Unappeasable Appetite for Energy**. New York: W.W. Norton & Company, 2006.
- CRUTCHFIELD, J. P. JAMES, R. G.; ELLISON, C. J; Anatomy of a bit: Information in a time series observation. **Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science**, v. 21, n. 3, 2011.
- DAMER, B.; DEAMER, D. The hot spring hypothesis for an origin of life. **Astrobiology**, v. 20, n. 4, p. 429-452, 2020.
- DARMSTADTER, J.; TEITELBAUM, P. D.; POLACH, J. G. **Energy in the World Economy: A Statistical Review of Trends in Output, Trade, and Consumption Since 1925**. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1971.
- DE MACEDO, P. E. V. B.. A guerra e a violência na política em Clausewitz. **Revista Quaestio Iuris**, v. 11, n. 04, p. 2916-2947, 2018.
- DIAMOND, J. **Colapso: como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso**. Rio de Janeiro: Record, 2005
- DIAMOND, J. **Armas, Germes e Aço: Os Destinos das Sociedades Humanas**. 15. ed. Rio de Janeiro: Record, 2013.
- DUARTE, A. P. A Visão da “Guerra Total” no Pensamento Militar. In: **Revista Nação e Defesa**. Outono-Inverno. N.º 112 - 3.ª Série, 2005, p. 33-50.
- DUARTE, É. E. Clausewitz, Corbett e o desafio das guerras limitadas. **Revista da EGN**, v. 21, n. 2, p. 115-144, 2015.
- EDENS, C. Dynamics of trade in the ancient Mesopotamian “world system”. **American Anthropologist**, v. 94, n. 1, p. 118-139, 1992.
- ELIAS, N. **O Processo Civilizador 2: formação do Estado e civilização**. Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 1993.
- ENERGY DATA AND MODELING CENTER (EDMC). **EDMC handbook of Japan's & world energy & economic statistics 2017**. Tóquio: The Energy Conservation Center, Japan, 2017.
- ENERGY INSTITUTE. **Statistical Review of World Energy**. 73. ed. Londres: Energy Institute, 2024
- ERICSON III, Edward E. **Feeding the German eagle: Soviet economic aid to Nazi Germany, 1933-1941**. Bloomsbury Publishing USA, 1999
- ESTEVADEORDAL, A.; FRANTZ, B.; TAYLOR, A. M. The rise and fall of world trade, 1870-1939. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 118, n. 2, p. 359-407, 2003.

- FAVEREAU, M. The Mongol Peace and Global Medieval Eurasia. In: HANN, Chris (Ed.). **Realising Eurasia**. Empire and Connectivity during Three Millennia. Leipzig: Leginger Universitätsverlag GmbH, 2019. p. 49-70
- FEDERICO, G. The growth of world agricultural production, 1800–1938. In: **Research in economic history**. Emerald Group Publishing Limited, p. 125-181, 2004.
- FEDERICO, G.; TENA-JUNGUITO, A. A tale of two globalizations: gains from trade and openness 1800-2010. **Centre for Economic Policy Research**, Londres, 2016.
- FELDMAN, G. D. Hugo Stinnes and the Prospect of War Before 1914. In: BOEMEKE, M. F.; CHICKERING, R.; FÖRSTER, S. (Ed.). **Anticipating Total War: The German and American Experiences, 1871–1914**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 77-96.
- FINDLAY, R. Relative Prices, Growth and Trade in a Simple Ricardian System. **Economica**, Londres, v. 41, n. 161, p. 1-13, fev. 1974
- FINDLAY, R.; O'ROURKE, K. H. Commodity Market Integration, 1500-2000. **National Bureau of Economic Research Working Paper**, n. 8579, nov. 2001.
- FINDLAY, R.; O'ROURKE, K. H. **Power and Plenty: Trade, War, and the World Economy in the Second Millennium**. Princeton: Princeton University Press, 2007.
- FIORI, J.L **O poder global e a nova geopolítica das nações**. Boitempo Editorial: São Paulo, 2007
- FLYNN, D.; GIRÁLDEZ, A. Dependência do Caminho, Atrasos Temporais e o Nascimento da Globalização: Uma Crítica de O'Rourke e Williamson. **European Review of Economic History**, v. 8, p. 81-108, 2004.
- FÖRSTER, S. Dreams and Nightmares: German Military Leadership and the Images of Future Warfare, 1871-1914. In: BOEMEKE, M. F.; CHICKERING, R.; FÖRSTER, S. (Ed.). **Anticipating Total War: The German and American Experiences, 1871–1914**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 343-376.
- FÖRSTER, S; NAGLER, J. **On the Road to Total War: The American Civil War and the German Wars of Unification, 1861-1871**. New York: Cambridge University Press, 1997.
- FOUQUIN, M; HUGOT, J. Two Centuries of Bilateral Trade and Gravity Data: 1827-2014. **CEPII Working Paper**, Paris, n. 2016-14, maio 2016.
- FRANK, A. G. **ReOrient: Global Economy in the Asian Era**. Berkeley/Los Angeles/Londres: University of California Press, 1998.
- FRIEDMAN, J. Postscript: getting the goods for civilization. In: KRISTIANSEN, K; LINDKVIST, T; MYRDAL, J. (org.). **Trade and civilization: economic networks and cultural ties, from prehistory to the early modern era**. Cambridge: Cambridge University Press, 2018.p. 534-547.
- GALOR, O.; WEIL, D. N. Population, Technology, and Growth: From Malthusian Stagnation to the Demographic Transition and Beyond. **The American Economic Review**, Nashville, v. 90, n. 4, p. 806-828, set. 2000.
- GAO, B. **Economic ideology and Japanese industrial policy: Developmentalism from 1931 to 1965**. Cambridge University Presse, 2002
- GAPMINDER. **Conjunto de dados populacionais (versão 7)**, baseado em dados de Angus Maddison, aprimorados pelo Clio Infra. Disponível em: <https://www.gapminder.org/data/documentation/gd003/>. Acesso em: jan. 2025.

- GLETE, J. **Navies and nations: warships, navies, and state building in Europe and America, 1500-1860**. v. 1. Stockholm: Almqvist & Wiksell International, 1993.
- GLETE, J. **War and the state in early modern Europe: Spain, the Dutch Republic and Sweden as fiscal-military states, 1500-1660**. London: Routledge, 200
- GOLDSTEIN, J.; HAZY, J.; LICHTENSTEIN, B. **Complexity and the Nexus of Leadership: Leveraging Non-Linear Science to Create Ecologies of Innovation**. New York: Palgrave Macmillan, 2010.
- GOLDSTONE, J. Efflorescences and Economic Growth in World History: Rethinking the 'Rise of the West' and the Industrial Revolution. **Journal of World History**, v. 13, p. 323-389, 2002.
- GOODY, J. **Capitalism and Modernity: The Great Debate**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- GUILMARTIN, J. F. **Galleons and Galleys**. London, 2002.
- HABERMAS, J. Bestialidade e humanidade: uma guerra na fronteira entre o direito e a moral. **Die Zeit**, v. 54, p. 1-8, 1999.
- HARA, A. **Japan: Guns before Rice**. In HARRISON, Mark (ed.), **The Economics of World War II: Six Great Powers in International Comparison**, Cambridge: Cambridge University Press, 1998. pp. 224-267
- HARRISON, M. **The economics of World War II: an overview**. In HARRISON, Mark (ed.), **The Economics of World War II: Six Great Powers in International Comparison**, Cambridge: Cambridge University Press, 1998 pp. 1-42
- HARTWELL, R. Markets, technology, and the structure of enterprise in the development of the eleventh-century Chinese iron and steel industry. **The Journal of Economic History**, v. 26, n. 1, p. 29-58, 1966.
- HOBBSBAWM, E. J. **Industry and Empire: The Making of Modern English Society, Vol. II, 1750 to the Present Day**. New York: Pantheon Books, 1968.
- HOBBSBAWM, Eric. **Era dos extremos: o breve século XX**. Editora Companhia das Letras, 1995.
- HOBSON, J. **The Eastern Origins of Western Civilization**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- HONIG, J. W. **The idea of total war: From Clausewitz to Ludendorff**. In: **The Pacific War as Total War: Proceedings of the 2011 International Forum on War History**. Tokyo: National Institute for Defence Studies, 2011. p. 29-41.
- HUBACEK, K; VAN DEN BERGH, J. Changing concepts of 'land' in economic theory: From single to multi-disciplinary approaches. **Ecological economics**, v. 56, n. 1, p. 5-27, 2006.
- HUGILL, P. J. **World Trade since 1431: Geography, Technology, and Capitalism**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1994.
- INNERHOFER, J. The Role of the 'Agrarian Overpopulation' in German Spatial and Economic Planning for South-East Europe before and during the Second World War. In: BHAMBRY, Tul'si et al. (Ed.). **Perpetual Motion? Transformation and Transition in Central and Eastern Europe & Russia**. London: School of Slavonic and East European Studies, UCL, 2011. p. 43-56. (Studies in Russia and Eastern Europe, n. 8).

- ISELL, W. H. Environmental perturbations and the origin of the Andean state. In: REDMAN, C. L. et al. (ed.). **Social archeology: beyond subsistence and dating**. New York: Academic Press, 1978. p. 303-313.
- IVENS, A; KRONAUER, D. Aphid-farming ants. **Current biology**, v. 32, n. 15, p. R813-R817, 2022.
- JOHNSON, G. J. Information sources and the development of decision-making organizations. In: REDMAN, C. L. et al. (ed.). **Social archeology: beyond subsistence and dating**. New York: Academic Press, 1978. p. 87-112.
- JOHNSON, G. J. **Local exchange and early state development in southwestern Iran**. Ann Arbor: Museum of Anthropology, University of Michigan, 1973. (Anthropological Papers, 51).
- JONES, E. **The European Miracle: Environments, Economies and Geopolitics in the History of Europe and Asia**. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- KAPPELER, P. M. A framework for studying social complexity. **Behavioral ecology and sociobiology**, v. 73, p. 1-14, 2019.
- KEELEY, L. H. **War Before Civilization**. New York: Oxford University Press, 1997.
- KENNEDY, P. **The rise and fall of the great powers: economic change and military conflict from 1500 to 2000**. New York: Random House, 1987.
- KLASING, M. J.; MILIONIS, P. Quantifying the Evolution of World Trade, 1870-1949. **Journal of International Economics**, [S. l.], v. 92, n. 1, p. 185-197, 2014.
- KLASING, M. J.; MILIONIS, P. Quantifying the evolution of world trade, 1870-1949. **Journal of International Economics**, v. 92, n. 1, p. 185-197, 2014.
- KOT, M. **Elements of mathematical ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- KRISTIANSEN, K. The Rise of Bronze Age Peripheries and the Expansion of International Trade 1950–1100 BC. In: KRISTIANSEN, K.; LINDKVIST, T.; MYRDAL, J. (Ed.). **Trade and Civilisation: Economic Networks and Cultural Ties, from Prehistory to the Early Modern Era**. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. p. 87-112.
- KRISTIANSEN, K. Theorizing Trade and Civilization. In: KRISTIANSEN, K.; LINDKVIST, T.; MYRDAL, J. (Ed.). **Trade and Civilisation: Economic Networks and Cultural Ties, from Prehistory to the Early Modern Era**. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. p. 1-24.
- KRISTIANSEN, K.; LINDKVIST, T.; MYRDAL, J. (Ed.). **Trade and Civilisation: Economic Networks and Cultural Ties, from Prehistory to the Early Modern Era**. Cambridge: Cambridge University Press, 2018.
- KURLANDER, E. **Hitler's Monsters: A Supernatural History of the Third Reich**. New Haven: Yale University Press, 2017.
- LAMBERT, N. A. **Planning Armageddon: British Economic Warfare and the First World War**. Cambridge: Harvard University Press, 2012.
- LAMBERT, N. A. **The Neptune Factor: Alfred Thayer Mahan and the Concept of Sea Power**. Annapolis: Naval Institute Press, 2023.
- LAMBERT, N. A. **The War Lords and the Gallipoli Disaster: How Globalized Trade Led Britain to Its Worst Defeat of the First World War**. Nova York: Oxford University Press, 2021.

- LEE, J; CAMPBELL, C. **Fate and fortune in rural China**: social organization and population behavior in Liaoning, 1774-1873. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- LEE, J; WANG, F; CAMPBELL, C. Infant and child mortality among the late imperial Chinese nobility: implications for two kinds of positive check. **Population Studies**, v. 48, n. 3, p. 395-411, nov. 1994.
- LEPOIRE, D. J. Interpreting big history as complex adaptive system dynamics with nested logistic transitions in energy flow and organization. **Emergence: Complexity and organization**, v. 17, n. 1, p. 1E, 2015.
- LEPOIRE, D. J. Long-term population, productivity, and energy use trends in the sequence of leading capitalist nations. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 77, p. 1303–1310, 2010.
- LINDKVIST, T.; MYRDAL, J. World Trade in the Fifteenth and Early Sixteenth Centuries. In: KRISTIANSEN, K.; LINDKVIST, T.; MYRDAL, J. (Ed.). **Trade and Civilisation: Economic Networks and Cultural Ties, from Prehistory to the Early Modern Era**. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. p. 515-534.
- LIVI-BACCI, M. **A concise history of world population**. 4. ed. Malden: Wiley-Blackwell, 2006.
- MAHAN, A. T. **The Influence of Sea Power upon History, 1660–1783**. Londres: Methuen & Co, 1965. (Edição com nova introdução)
- MAKARIUS, R. et al. Ancient Society and Morgan's Kinship Theory 100 Years After [and Comments and Reply]. **Current Anthropology**, Chicago, v. 18, n. 4, p. 709-729, dez. 1977.
- MALINOWSKI, B. **Argonauts of the Western Pacific**. London: Routledge & Kegan Paul, 1922.
- MALTHUS, T. R. The Grounds of an Opinion on the Policy of Restricting the Importation of Foreign Corn. **Project Gutenberg**, 2003.
- MANN, M. **The sources of social power: Volume 3, global empires and revolution, 1890-1945**. Cambridge University Press, 2012.
- MARKS, R. **As Origens do Mundo Moderno: Uma Narrativa Global e Ecológica**. Lanham: Rowman & Littlefield, 2002.
- MARTINS, R. F. Pensar a Guerra: Aron e Clausewitz. **Nação e Defesa**, 1987.
- MATHIEU, E; RODÉS-GUIRAO, L. **What are the sources for Our World in Data's population estimates?** Our World in Data, 2022. Disponível em: <https://ourworldindata.org/population-sources>. Acesso em: 09 jan. 2024.
- MATHIS, C. King coal rules: accepting or refusing coal dependency in Victorian Britain. **Revue Française de Civilisation Britannique. French Journal of British Studies**, v. 23, n. XXIII-3, 2018.
- MAUSS, M. **The gift**. Translated by J. I. Guyer. Chicago: Hau Books, 2016 [1925].
- MCCRANIE, K. D. **Mahan, Corbett, and the Foundations of Naval Strategic Thought**. Annapolis: Naval Institute Press, 2021.
- MCNEILL, J. R. **Something New Under the Sun: An Environmental History of the Twentieth-Century World**. Nova York: W. W. Norton & Company, 2000.
- MCNEILL, J. R.; MCNEILL, W. H. **The Human Web: A Bird's-Eye View of World History**. Nova York: W.W. Norton & Company, 2003.

- MCNEILL, W. H. **The pursuit of power: technology, armed force, and society since A.D. 1000**. Chicago: University of Chicago Press, 1982.
- MEEK, R. L. **The Economics of Physiocracy: Essays and Translations**. Londres: Routledge, 1962. (Edição original). Reimpressão digital: Routledge Library Editions – Economics, 2004.
- MENARD, R. R. Transport costs and long-range trade, 1300-1800: was there a European "transport revolution" in the early modern era? In: TRACY, J. D. (org.). **The political economy of merchant empires: state power and world trade, 1350-1750**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. p. 228-275.
- MENDES, João Amado. O ferro na história: das artes mecânicas às Belas-Artes. **Gestão e Desenvolvimento**, n. 9, p. 301-318, 2000.
- MIMURA, Janis. **Planning for Empire: Reform Bureaucrats and Japanese Wartime State**. Ithaca: Cornell University press, 2011.
- MITCHELL, M. **Complexity: A guided tour**. Oxford University Press, 2009.
- MORANDI, A. M. A Siderurgia E Sua Adaptação Ao Novo Paradigma Tecnológico. **Análise Econômica**, [S. l.], v. 15, n. 28, 2009. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/AnaliseEconomica/article/view/10542>. Acesso em: 15 jan. 2024.
- MORGAN, A. D. The Japanese War Economy: A Review. **The Far Eastern Quarterly**, 8(1), 64, 1948
- MOROWITZ, H. J. **The Emergence of Everything: How the World Became Complex**. Nova York: Oxford University Press, 2004. (Edição em paperback)
- NIELE, F. **Energy Engine of Evolution**. Amsterdã: Elsevier, 2005.
- NIMWEGEN, O. van. The transformation of army organisation in early-modern western Europe, c. 1500–1789. In: TALLETT, Frank; TRIM, D. J. B. (Ed.). **European Warfare, 1350-1750**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 159-180.
- O' ROURKE, K. H. The worldwide economic impact of the Revolutionary and Napoleonic Wars. **Trinity College Dublin and CEPR**, out. 2004.
- ODUM, H. T. **Environment, Power, and Society for the Twenty-First Century: The Hierarchy of Energy**. Nova York: Columbia University Press, 2007.
- OFFER, A. Ricardo's Paradox and the Movement of Rents in England, c. 1870-1910. **The Economic History Review**, v. 33, n. 2, p. 236-252, 1980.
- OLIVEIRA, I. C. de. **Uma análise sobre a formação do complexo industrial naval britânico: o papel da Royal Navy na transformação econômica estrutural do Reino Unido no século XVIII**. 2020. 112 folhas. Dissertação (mestrado em Economia Política Internacional) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020
- ORTIZ, R. **O próximo e o distante: Japão e modernidade**. Brasiliense, 2000.
- PARISI, G. **Complex Systems: A Physicist's Viewpoint**. Berlim: Springer, 2008.
- PARKER, G. **The Military Revolution: Military Innovation and the Rise of the West, 1500–1800**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- PASINETTI, L. L. **Growth and Income Distribution: Essays in Economic Theory**. Cambridge: Cambridge University Press, 1974.

- PBL NETHERLANDS ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AGENCY. **History Database of the Global Environment (HYDE)**, versão 3.3. Bilthoven: PBL, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.24416/UU01-AEZZIT>. Acesso em: 2 jan. 2024.
- PEREIRA, J. M. D. Sraffa e as “leis dos retornos”: uma análise dos artigos de 1925-1926. **Brazilian Journal of Political Economy**, 41(4), p. 815–834, 2021
- PERLIN, J. **A Forest Journey: The Story of Wood and Civilization**. Woodstock: The Countryman Press, 2005.
- PERLIN, J. **Let It Shine: The 6,000-Year Story of Solar Energy**. Novato: New World Library, 2013.
- PETTY, W. **Obras Econômicas**. Tradução Luiz Henrique Lopes dos Santos. São Paulo: Abril, [1662] 1983
- PLINIUS SECUNDUS, C. **Naturalis Historiae**. Edição de Gabriel Brotier. In Usus Delphini, com notas, variantes, revisão de edições e códices, índices completos. Vol. 5. Londres: A. J. Valpy, 1826. Livro XIV
- PODOBNIK, B. **Global Energy Shifts: Fostering Sustainability in a Turbulent Age**. Filadélfia: Temple University Press, 2006.
- POLLAN, M. **The Omnivore's Dilemma: A Natural History of Four Meals**. Nova York: Penguin Press, 2006.
- POMERANZ, K. **A Grande Divergência: Europa, China e a Criação da Economia Mundial Moderna**. Princeton: Princeton University Press, 2000.
- POMERANZ, K.; TOPIK, S. **The World That Trade Created: Society, Culture, and the World Economy, 1400 to the Present**. 3. ed. Londres e Nova York: Routledge, 2015.
- PRIGOGINE, Ilya. **O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza**. Colaboração de Isabelle Stengers. Tradução de Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1996.
- PRIGOGINE, Ilya. Thermodynamics and cosmology. **International journal of theoretical physics**, v. 28, n. 9, p. 927-933, 1989.
- PRIGOGINE, Ilya. Time, structure, and fluctuations. **Science**, v. 201, n. 4358, p. 777-785, 1978.
- PRIGOGINE, Ilya; NICOLIS, Gregoire. Self-organisation in nonequilibrium systems: towards a dynamics of complexity. **Bifurcation analysis**, p. 3-12, 1985.
- RATHJE, W. L. The origin and development of lowland Classic Maya civilization. **American Antiquity**, v. 36, n. 3, p. 275-285, 1971.
- RICARDO, D. **An Essay on the Influence of a Low Price of Corn on the Profits of Stock; shewing the Inexpediency of Restrictions on Importation: With Remarks on Mr Malthus' Two Last Publications**. London: John Murray, [1815], 1996. Disponível em: <https://la.utexas.edu/users/hcleaver/368/368RicardoCornLawstable.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2025.
- RICARDO, D. **Princípios de Economia Política e Tributação**. Tradução de P. H. R. Sandroni. São Paulo: Victor Civita, [1817] 1982.
- RICE, R. Economic Mobilization in Wartime Japan: Business, Bureaucracy, and Military in Conflict. **The Journal of Asian Studies**, 38(4), 689, 1979
- ROBINSON, R; GALLAGHER, J. The imperialism of free trade. **Economic History Review**, v. 6, n. 1, p. 1-15, 1953.

- RODGER, N. A. M. **The command of the ocean: a naval history of Britain 1649-1815**. Penguin: Londres, 2006.
- ROHLKRAMER, T. Heroes and would-be heroes: veterans' and reservists' associations in Imperial Germany. In: BOEMEKE, M. F.; CHICKERING, R.; FÖRSTER, S. (org.). **Anticipating total war: the German and American experiences, 1871-1914**. Washington, D.C.: German Historical Institute; Cambridge: Cambridge University Press, 2006. p. 189-216
- SALVADORI, N.; SIGNORINO, R. The Malthus versus Ricardo 1815 Corn Laws Controversy: An appraisal. **MPRA Paper n. 50534**, 2013.
- SCHICKEL, R. Cinema: Slam! Bang! A Movie Movie. **TIME**, Nova York, 15 jun. 1981. Disponível em: <https://content.time.com/time/subscriber/article/0,33009,949205-1,00.html>. Acesso em: 23 fev. 2025.
- SCHONHARDT-BAILEY, C. Specific Factors, Capital Markets, Portfolio Diversification, and Free Trade: Domestic Determinants of the Repeal of the Corn Laws. **World Politics**, v. 43, n. 4, p. 545-569, jul. 1991.
- SERRANO, F. L.; CESARATTO, S. As leis de rendimento nas teorias neoclássicas do crescimento: uma crítica sraffiana. **Ensaio FEE**, v. 23, n. 2, p. 699-730, 2002.
- SICKING, L. Naval warfare in Europe, c. 1330–c. 1680. In: TALLETT, Frank; TRIM, D. J. B. (Ed.). **European Warfare, 1350-1750**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 236-263.
- SINGER, J. D.; BREMER, S.; STUCKEY, J. Distribuição de capacidade, incerteza e guerra das grandes potências, 1820-1965. In: RUSSETT, B. (Ed.). **Peace, War, and Numbers**. Beverly Hills: Sage, 1972. p. 19-48.
- SLESSER, M. Energy Subsidy as a Criterion in Food Policy Planning. **Journal of the Science of Food & Agriculture**, v. 24, p. 1193–1207, 1973.
- SLESSER, M. et al. Energy systems analysis for food policy. **Food Policy**, v. 2, n. 3, p. 123-136, maio 1977.
- SLESSER, M. **Energy in the Economy**. Londres: Macmillan Press, 1978.
- SMETHURST, R. J. **Japan's Keynes: Takahashi Korekiyo (1854–1936)**. In: The Diffusion of Western Economic Ideas in East Asia. Routledge, 2016
- SMIL, V. **Energy in Nature and Society: General Energetics of Complex Systems**. Cambridge: MIT Press, 2008.
- SMIL, V. **Energy and civilization: a history**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2017.
- SMIL, V. **Energy in World History**. Boulder: Westview Press, 1994.
- SMIL, V. **Power Density: A Key to Understanding Energy Sources and Uses**. Cambridge: MIT Press, 2015.
- SMIL, V.; KOBAYASHI, K. **Japan's Dietary Transition and Its Impacts**. Cambridge: MIT Press, 2012.
- SMITH, A. **A Riqueza das Nações: Uma investigação sobre sua natureza e suas causas**. Os Economistas. São Paulo: Nova Cultural, [1776] 1996
- SOARES, G. A. A guerra que era para ser breve. **Dimensões**, n. 33, p. 311-335, 2014.
- SOJI, J. **The Pacific War as Total War**. Tenth International Forums on War History (hal. 1-8). Tokyo: National Institute for Defense Studies, 2011

- SOLÉ, R. V. **Phase Transitions**. Princeton: Princeton University Press, 2011.
- SPIER, F. **Big history and the future of humanity**. 2. ed. Chichester: Wiley Blackwell, 2015.
- SPIER, F. How Big History Works: Energy flows and the rise and demise of complexity. **Evolution: Cosmic, Biological, and Social**, p. 30-65, 2011.
- SRAFFA, P. **Produção de mercadorias por meio de mercadorias**. Seleção de textos de Paul Singer; tradução de Elizabeth Machado Oliveira, Paulo de Almeida e Christiano Monteiro Oiticica. [Original: Production of Commodities by Means of Commodities: Prelude to a Critique of Economic Theory, 1960]. São Paulo: Nova Cultural, 1997.
- STOKER, D. What's in a Name II: "Total War" and Other Terms that Mean Nothing. **Infinity Journal**, Volume 5, Issue No. 3, fall 2016, p. 21-23. Disponível em: <https://www.militarystrategymagazine.com/article/whats-in-a-name-ii-total-war-and-other-terms-that-mean-nothing/>. Acesso em 14 de novembro de 2023.
- STRACHAN, H. **Sobre a guerra de Clausewitz**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008
- TAINTER, J. A. **The Collapse of Complex Societies**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.
- THOMAS, B. Escaping from Constraints: The Industrial Revolution in a Malthusian Context. **The Journal of Interdisciplinary History**, v. 15, n. 4, p. 729-753, 1985.
- TILLY, C. **The formation of national states in Western Europe**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1975.
- TOOZE, A. **The wages of destruction**: The making and breaking of the Nazi Economy. Penguin, 2006.
- TURNER, J. R.; BAKER, R. M. Complexity theory: An overview with potential applications for the social sciences. **Systems**, v. 7, n. 1, p. 4, 2019.
- UNITED NATIONS. **World Population Prospects 2024: Online Edition**. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2024. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/>. Acesso em: jan. 2025.
- VESZPRÉMY, L. The state and military affairs in east-central Europe, 1380–c. 1520s. In: TALLETT, Frank; TRIM, D. J. B. (Ed.). **European Warfare, 1350-1750**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 96-109
- WARDE, P. **Energy consumption in England and Wales, 1560-2000**; 2007. Instituto di Studi Sulle Societa del Mediterraneo.
- WARDE, P. **The Invention of Sustainability: Nature and Destiny, c.1500–1870**. Cambridge: Cambridge University Press, 2023.
- WILKINSON, T. C. Cloth and Currency: On the Ritual-Economics of Eurasian Textile Circulation and the Origins of Trade, Fifth to Second Millennia BC. In: KRISTIANSEN, K.; LINDKVIST, T.; MYRDAL, J. (Ed.). **Trade and Civilization: Economic Networks and Cultural Ties, from Prehistory to the Early Modern Era**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 25-55, 2018.
- WITTFOGEL, K. Developmental aspects of hydraulic societies. In: STEWARD, J. H. (ed.). **Irrigation civilizations: a comparative study**. Washington, D.C.: Pan American Union, 1955. P. 43-57.
- WITTFOGEL, K. **Oriental despotism: a comparative study of total power**. New Haven: Yale University Press, 1957.

- WONG, R. B. **China Transformed:** Historical Change and the Limits of European Experience. Ithaca/Londres: Cornell University Press, 1997.
- WRIGHT, H. T. **The administration of rural production in an early Mesopotamian town.** Ann Arbor: Museum of Anthropology, University of Michigan, 1969. (Anthropological Papers, 38).
- WRIGLEY, E. A. **Continuity, Chance and Change:** The Character of the Industrial Revolution in England. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.
- WRIGLEY, E. A. **Energy and the English Industrial Revolution.** Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- WRIGLEY, E. A; SCHOFIELD, R. S. **The population history of England, 1541-1871: a reconstruction.** Cambridge: Cambridge University Press, 1981.
- YERGIN, D. **The prize:** The epic quest for oil, money & power. New York: Simon & Schuster, 1991.